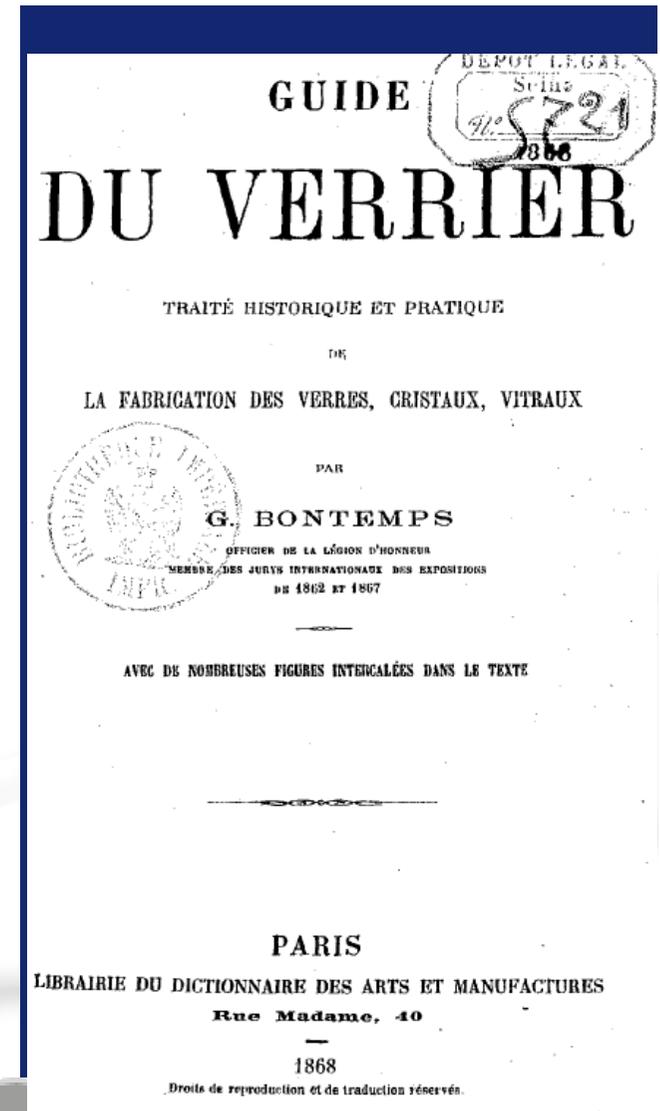


# La couleur du verre, en suivant Georges Bontemps

**Marie-Hélène Chopinet**  
*UMR 125 CNRS / Saint-Gobain*



  
**SAINT-GOBAIN**

« Après avoir, pendant quarante ans, fabriqué du verre, j'entreprends la **publication de toutes les observations** que cette longue pratique m'a permis de faire sur toutes les branches qui constituent l'art de la verrerie.

Je ne me dissimule pas qu'avant fort peu d'années les méthodes que je vais indiquer auront été perfectionnées, transformées même car **les liens qui, depuis la fin du dernier siècle surtout, unissent la science à l'industrie,** ont imprimé à cette dernière une marche d'une rapidité extrême.

Mais il m'a semblé qu'il **devrait être intéressant pour nos successeurs dans la pratique de l'industrie du verre, de connaître l'intérieur de nos ateliers, de les comparer à ce qu'ils avaient été à des époques antérieures, de mesurer enfin les perfectionnements qu'ils y auraient eux-mêmes apportés. »**

1868



  
SAINT-GOBAIN

The logo for Saint-Gobain consists of a stylized graphic of a building's roofline above the company name 'SAINT-GOBAIN' in a bold, uppercase, sans-serif font.

## Verre blanc à l'image du cristal de roche



## Verres colorés comme les pierres précieuses





Détail vitrail Sainte  
Chapelle déposé à Cluny

quand on considère l'immense quantité de vitraux qui furent faits aux douzième, treizième et quatorzième siècles, mais surtout au treizième, on concevra que la fabrication des verres de couleur dut alors être bien importante; on peut dire qu'elle surpassait peut-être même celle du verre blanc, car, à cette époque, les habitations particulières n'avaient pas encore le *luxe* des vitres, réservé presque exclusivement au *temple du Seigneur*. Les verres de couleur étaient alors très-épais, au moins 3 à 4 millimètres, ce qui, joint à la solidité de la mise en plomb, a conservé pendant tant de siècles ces précieux chefs-d'œuvre.

Le verre de couleur « en masse » fut un peu abandonné après le XVème siècle au profit de la peinture sur verre.



St Etienne du Mont XVIIème siècle

Lorsque, au siècle dernier [XVIIIème siècle], on recommença à faire, en France, du verre à vitres en manchons, on fit aussi, de temps en temps, quelques verres bleus, violets et jaunes. Leur emploi était à peu près limité à des kiosques de jardin et à des enseignes de vitrier; on fit aussi, mais plus rarement, des verres verts; c'étaient là les seuls verres de couleur que l'on sut fabriquer

**Ce fut vers cette époque, en effet, qu'un retour à l'intelligence des arts du moyen âge amena les premiers essais de vitraux, essais qui ne tardèrent pas à faire la base de fabriques spéciales qui employèrent d'assez grandes quantités de verres de couleur. Je doute qu'aucun autre verrier ait fabriqué autant que moi, de 1825 à 1855, des verres de couleur de toutes les nuances, et ce sont les résultats de ma longue expérience que je vais exposer.**



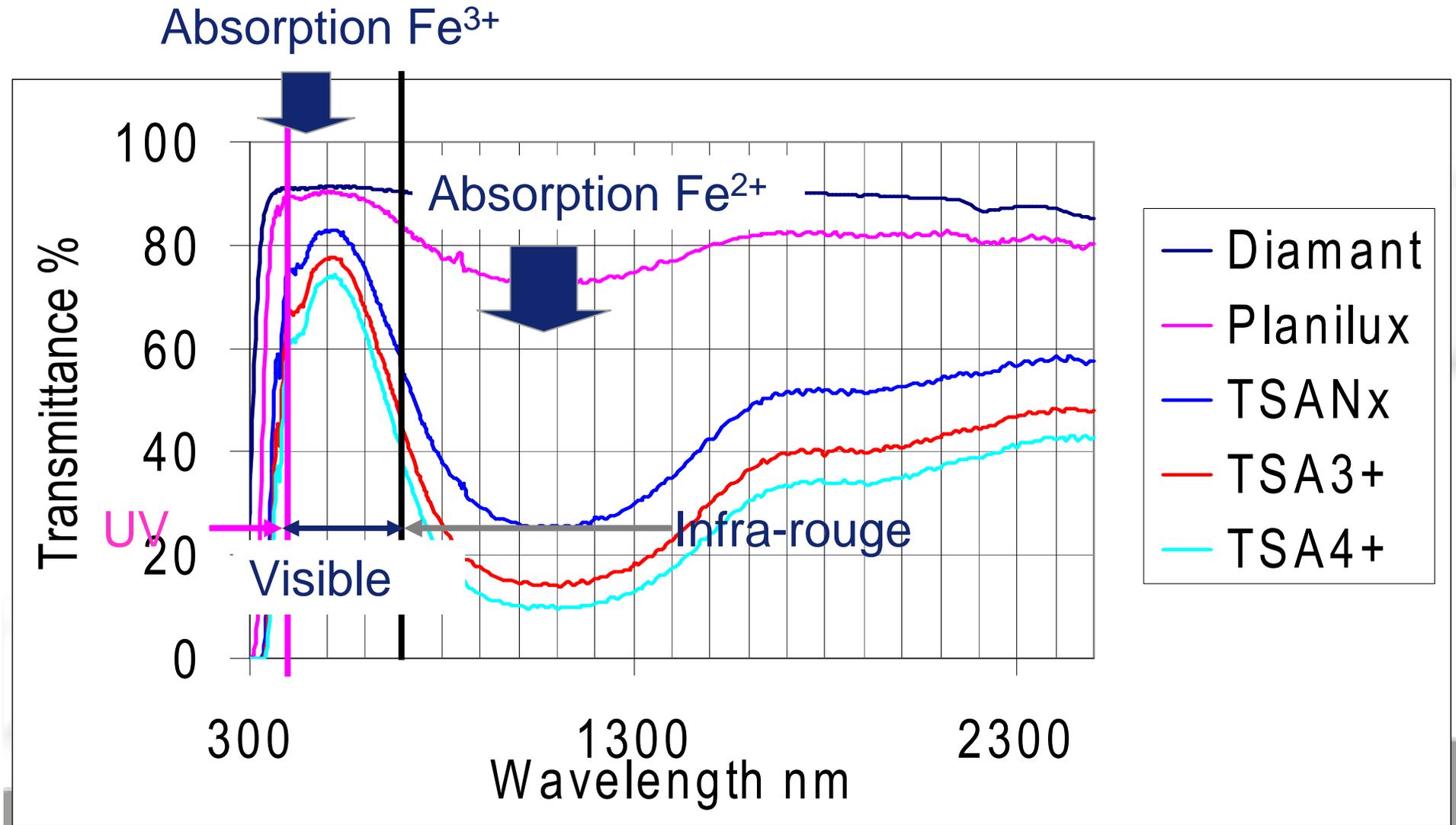
  
SAINT-GOBAIN

# Avant de parler des verres de couleur, quelques mots des verres blancs et de leur ennemi : le fer

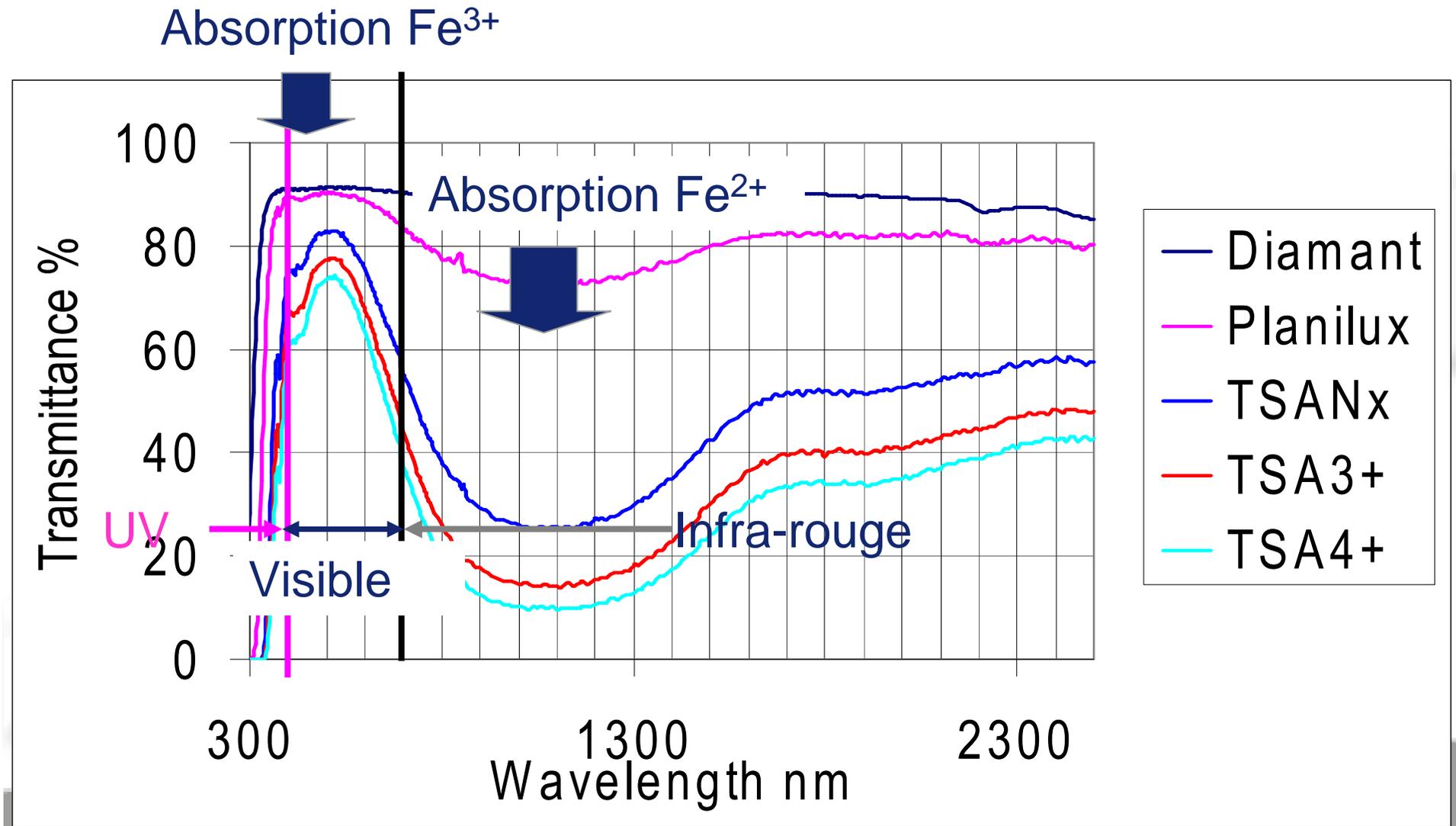
Mais **se rend-on bien exactement compte de l'effet de l'oxyde de fer** dans la composition du verre? Si vous ouvrez les différents auteurs qui on ont parlé, tous vous diront que l'oxyde de fer produit dans le verre une teinte verdâtre.

Il y a des circonstances où l'oxyde de fer donne au verre une teinte bleue, et dans d'autres l'oxyde de fer donne au verre une teinte jaune. Sans nul doute, dans ces deux cas le fer se trouve à des degrés différents d'oxydation.

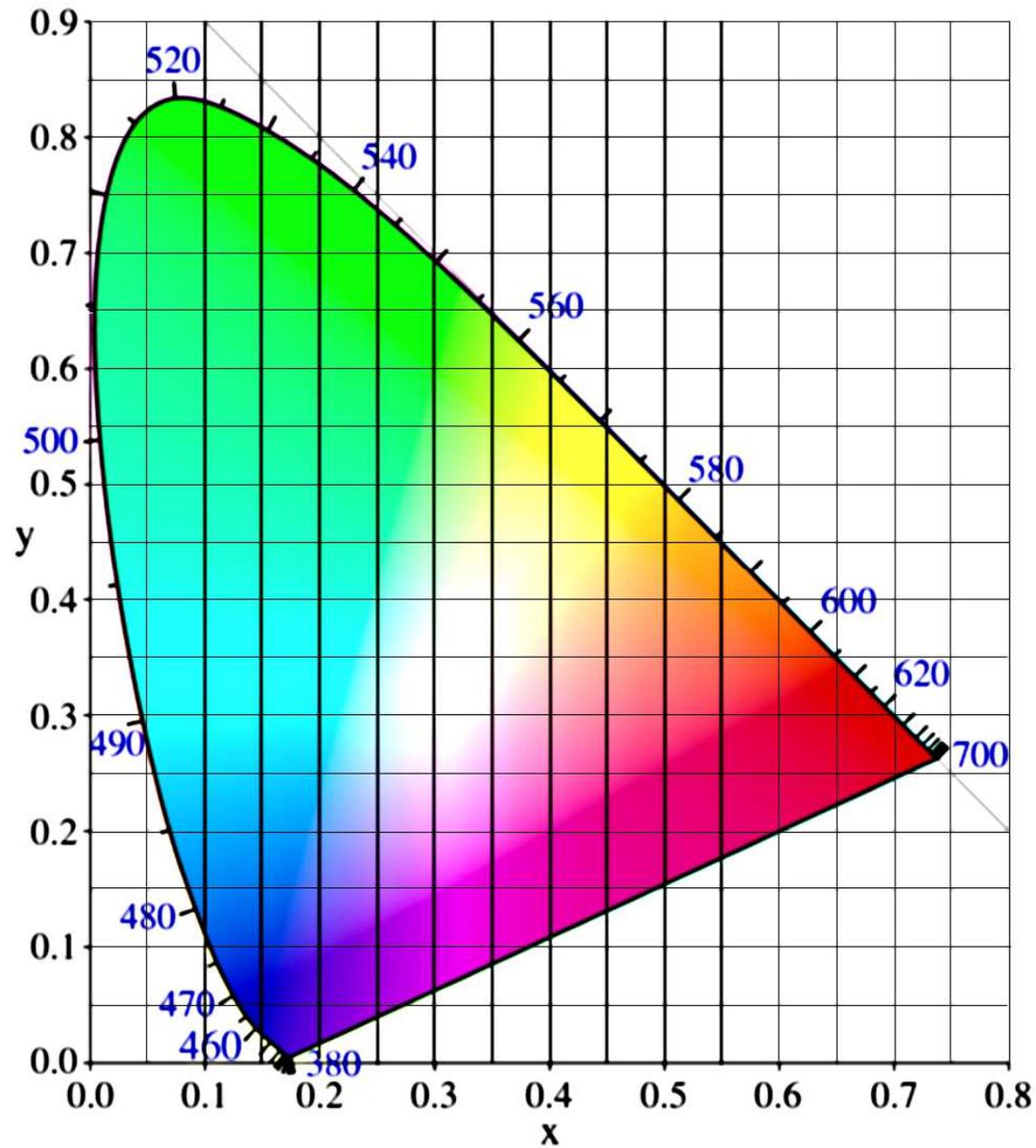
Ainsi la **couleur jaune a lieu quand le fer se trouve au maximum d'oxydation**, puisque cette couleur jaune se produit quand l'oxyde de fer dans la composition se trouve en présence d'une certaine quantité de peroxyde de manganèse qui, à la température du four de verrerie, cède une partie de son oxygène à l'oxyde de fer :

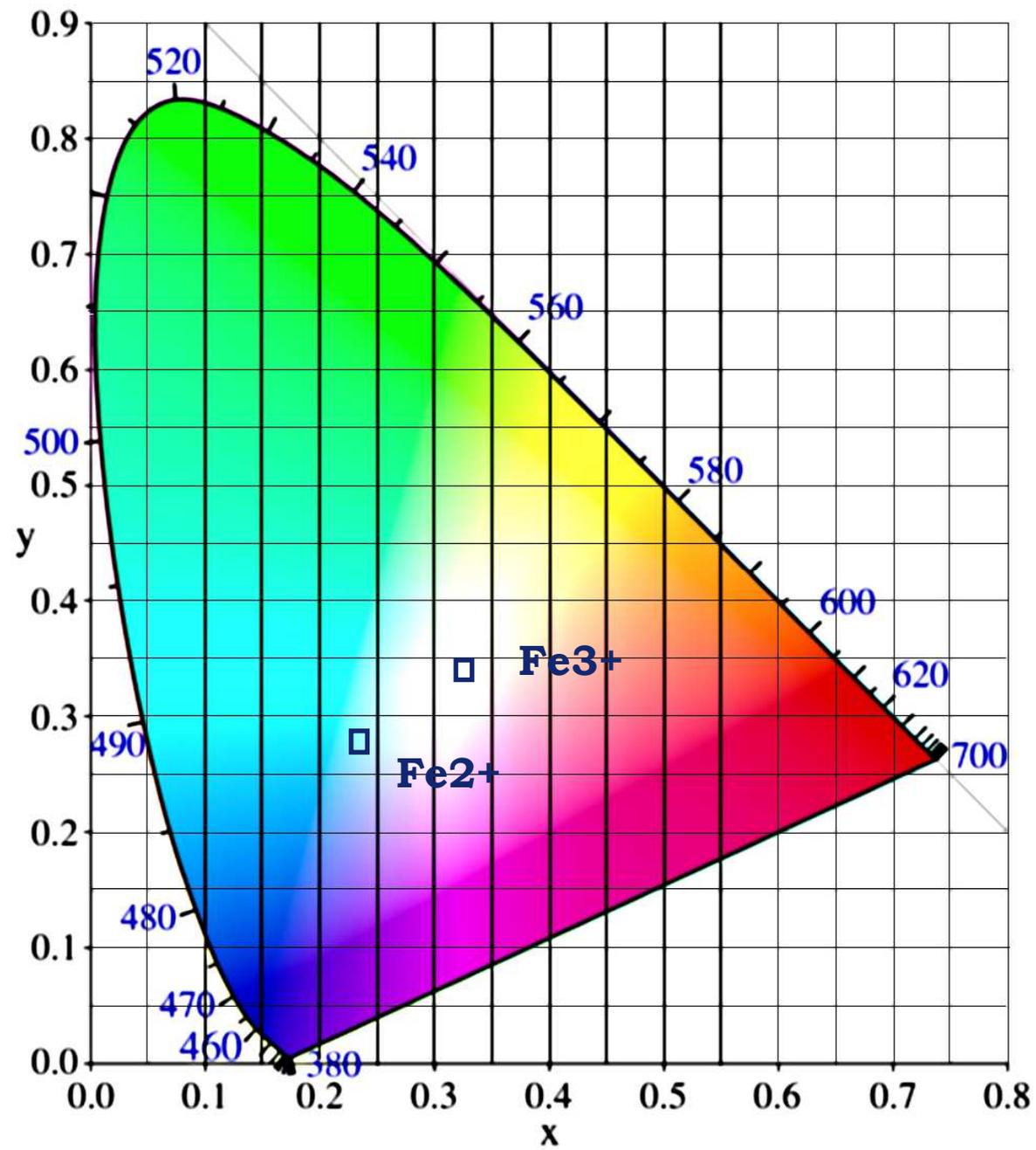


tandis qu'au contraire **la teinte bleue semblerait résulter du fer à un moindre degré d'oxydation**, puisqu'elle se produit quand l'oxyde de fer se trouve seul mêlé à une composition de verre blanc



# Diagramme de chromaticité





Nous commencerons par traiter des verres bleus et des verres violets, qui sont les couleurs les plus fixes, dont la fabrication est le plus exempte de difficultés. De là nous passerons à la fabrication des verres jaunes, puis des verres verts; dans chacune de ces couleurs, nous donnerons les indications relatives aux verres colorés dans la masse et aux verres doublés, et nous nous occuperons ensuite de la fabrication des verres rouges, qui sont toujours des verres doublés.



Meaux 1867

## VERRES BLEUS.

Dans les verres bleus, nous comprenons toutes les nuances depuis celles dans lesquelles il y a un **léger mélange de violet** jusqu'à celles dans lesquelles on peut remarquer une **tendance au vert** ; puis ces diverses nuances peuvent être plus ou moins assombries par un **mélange de noir** qui peut les faire arriver jusqu'à des teintes neutres : ce sont ces dernières qu'on emploie pour les lunettes aux compositions vitreuses.

Gruber 1904



**L'oxyde de cobalt** donne aux compositions vitreuses une très-belle couleur bleue très-intense et très solide au feu le plus violent.

Avant que la chimie eût fait connaître le cobalt comme un métal *sui generis*, on savait toutefois employer le minerai qui le contient et qui se trouve toujours **mélangé à du nickel et à du fer**; mais alors on employait le cobalt à l'état de safre, de smalt (bleu d'azur).

Le **safre** est le produit du grillage du minerai de cobalt, c'est à cet état qu'il a été le plus anciennement employé.

Le **bleu d'azur** est simplement un verre coloré très-fortement par le safre, puis broyé et pilé, décanté et séché en poudre; ce bleu d'azur est d'un prix d'autant plus élevé que l'intensité de la couleur est plus grande et que la poudre est plus ténue.

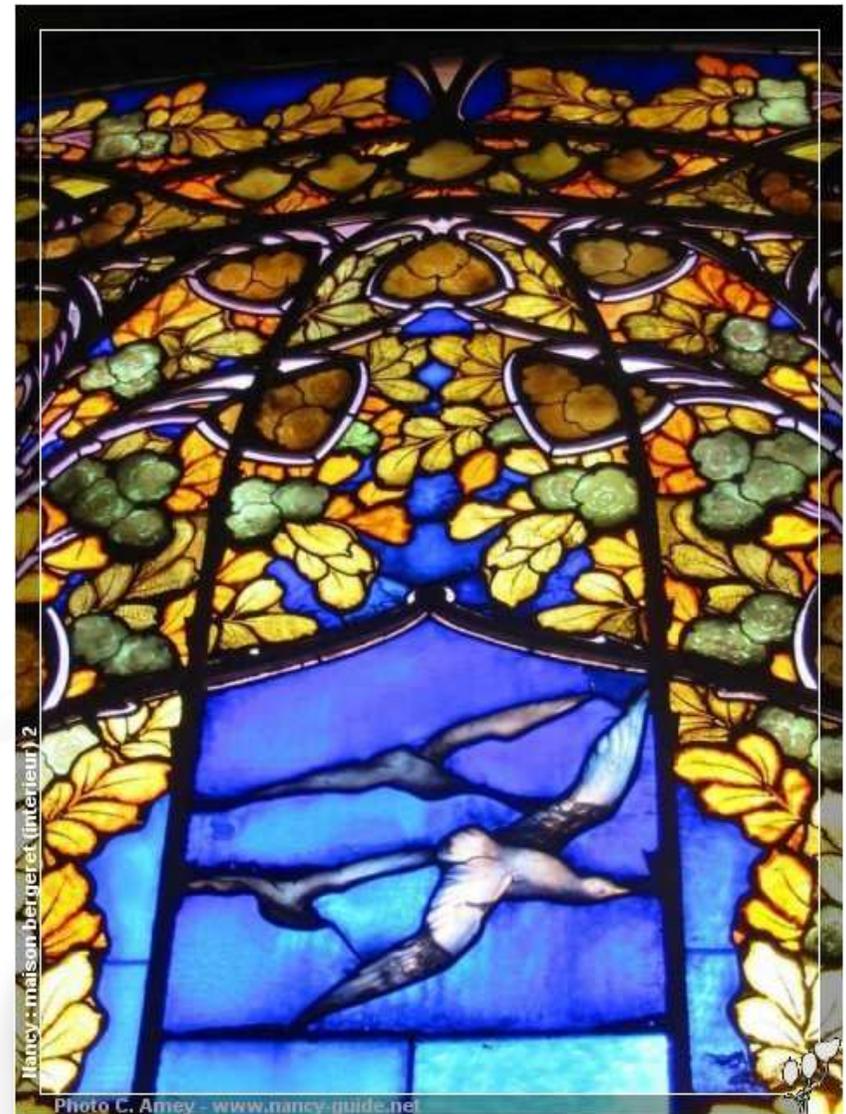
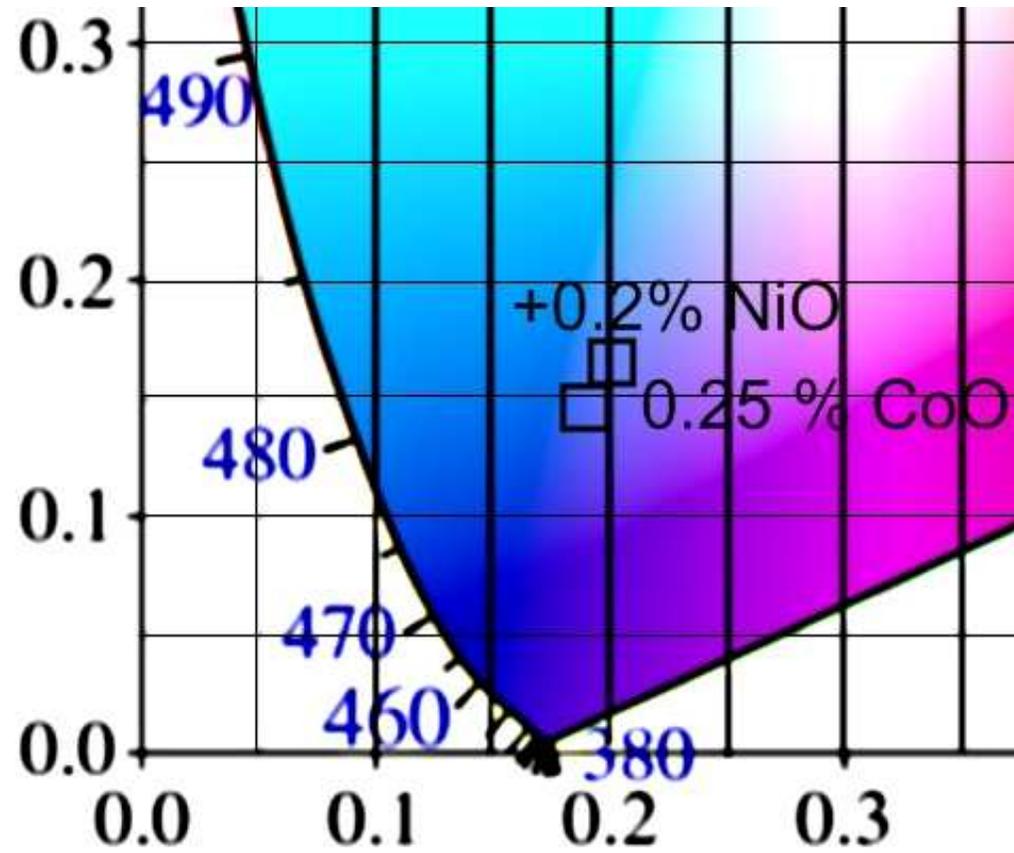
Mais le safre et les bleus d'azur qui en proviennent ne contiennent jamais le cobalt qu'accompagné d'un peu de fer, et surtout de nickel, qui ôtent au cobalt la pureté de son bleu; ce n'est que **depuis environ vingt à vingt-cinq ans** qu'on a trouvé, en Angleterre, un procédé pratique pour extraire le nickel du minerai de cobalt, et obtenir **l'oxyde de ce dernier à un état de pureté chimique** qui le rend infiniment préférable au safre et au smalt pour l'usage et des poteries et des verres fins.

Cet oxyde de cobalt se vend à présent environ 20 francs la livre anglaise de 450 grammes, prix élevé sans doute ; mais sa puissance colorante est plus intense que celle d'aucun autre oxyde.



  
SAINT-GOBAIN

# Maison Bergeret Nancy



Les verres blancs anciens avaient déjà une teinte verdâtre : **colorés par le safre contenant du fer et du nickel, ils ne purent jamais être d'un bleu pur**; ils ont toujours une sorte de teinte neutre, qui, du reste, plaît beaucoup aux amateurs de vieux vitraux. [..] La différence qui existe généralement entre les verres bleus fabriqués de nos jours et les verres bleus des vitraux des douzième, treizième, quatorzième et quinzième siècles résulte principalement de ce **qu'aujourd'hui la pâte à colorer est plus blanche**.



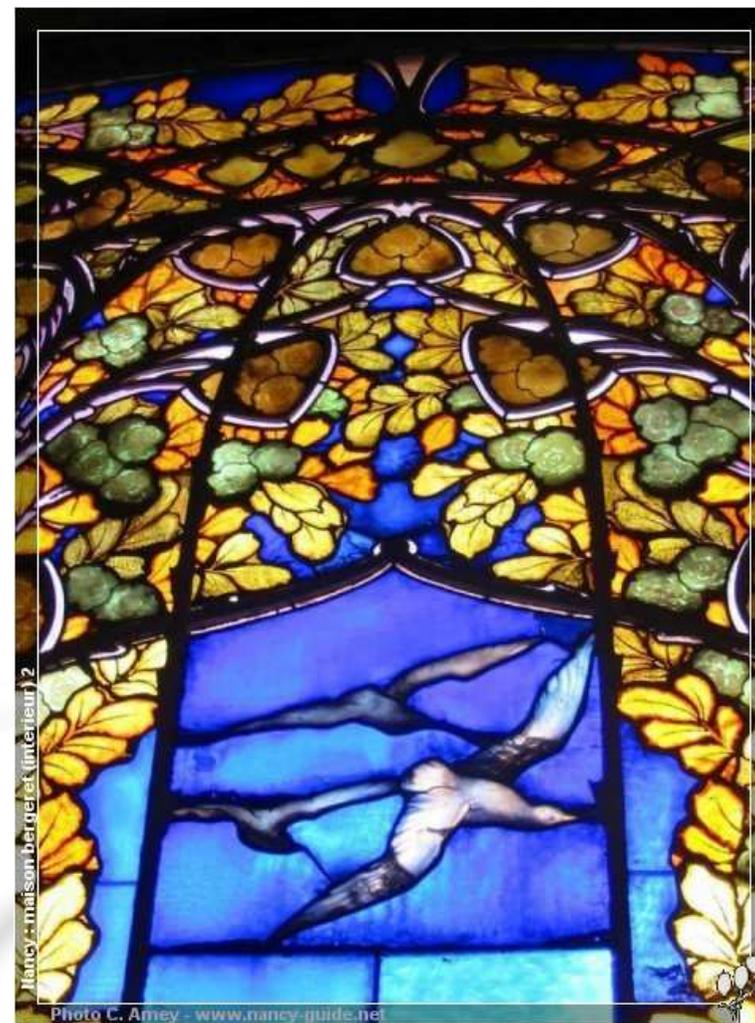
*Chartres*



*Maison Bergeret*

J'ai fait de très-beau **bleu de ciel**, d'une nuance qui n'avait pas encore été fabriquée, en ajoutant au cobalt, qui donne une nuance de bleu virant au violet, de **l'oxyde de cuivre**, qui donne une nuance de bleu virant au vert. Je vais, pour ce verre, donner les proportions d'un très-beau bleu céleste :

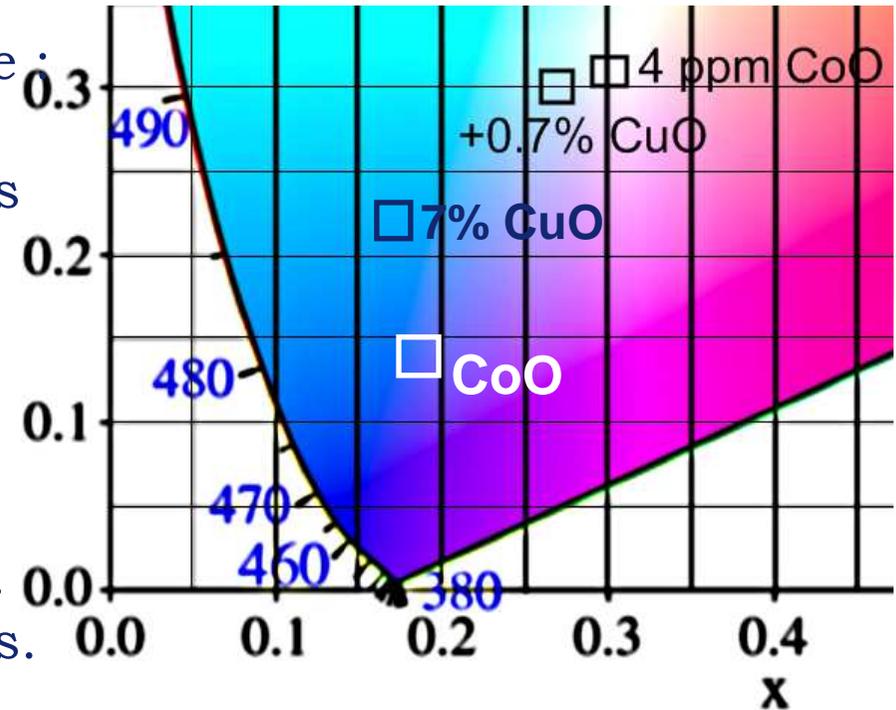
Sable	100 kilogrammes
Minium	10 —
Carbonate de soude	30 —
Craie	25 —
Nitrate de soude	6 —
Oxyde noir de cuivre	7 —
Oxyde de cobalt	0,400 <b>grammes.</b>
Groisil blanc	220 kilogrammes.



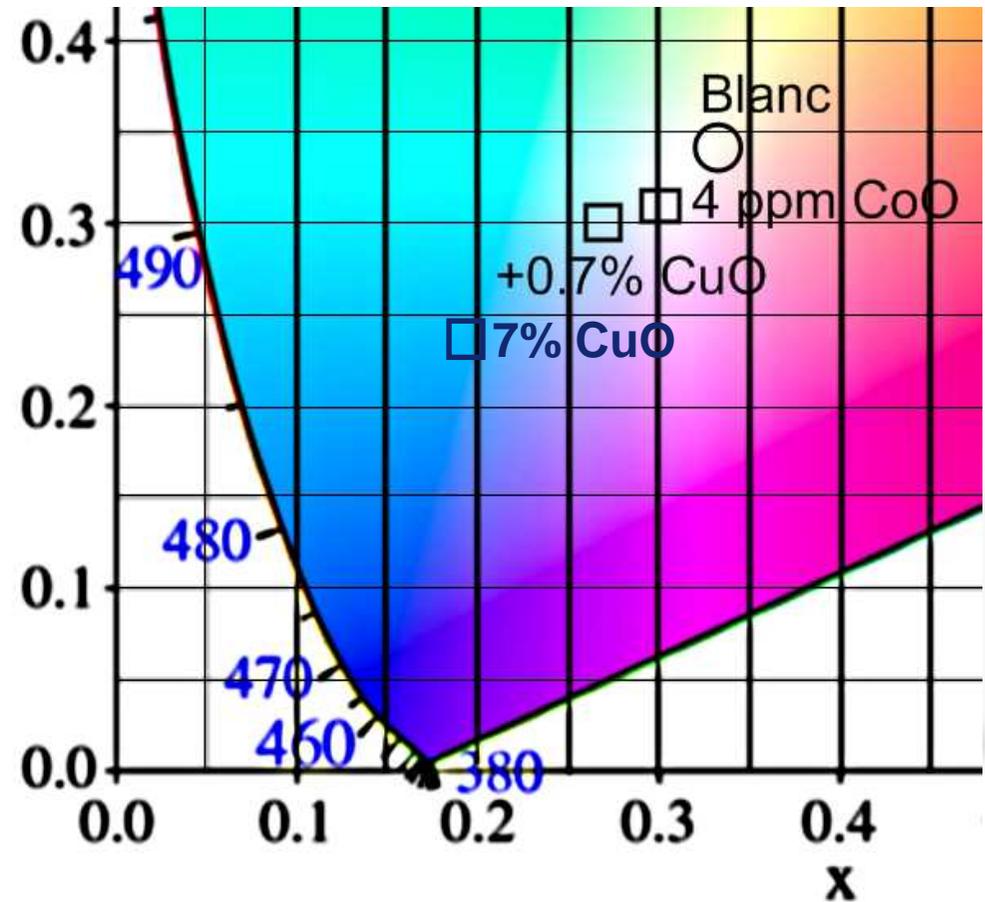
*Maison Bergeret (Ecole de) Nancy 1900*

J'ai fait de très-beau **bleu de ciel**, d'une nuance qui n'avait pas encore été fabriquée, en ajoutant au cobalt, qui donne une nuance de bleu virant au violet, de **l'oxyde de cuivre**, qui donne une nuance de bleu virant au vert. Je vais, pour ce verre, donner les proportions d'un très-beau bleu céleste :

Sable	100 kilogrammes
Minium	10 —
Carbonate de soude	30 —
Craie	25 —
Nitrate de soude	6 —
Oxyde noir de cuivre	7 —
Oxyde de cobalt	0,400 <b>grammes</b> .
Groisil blanc	220 kilogrammes.

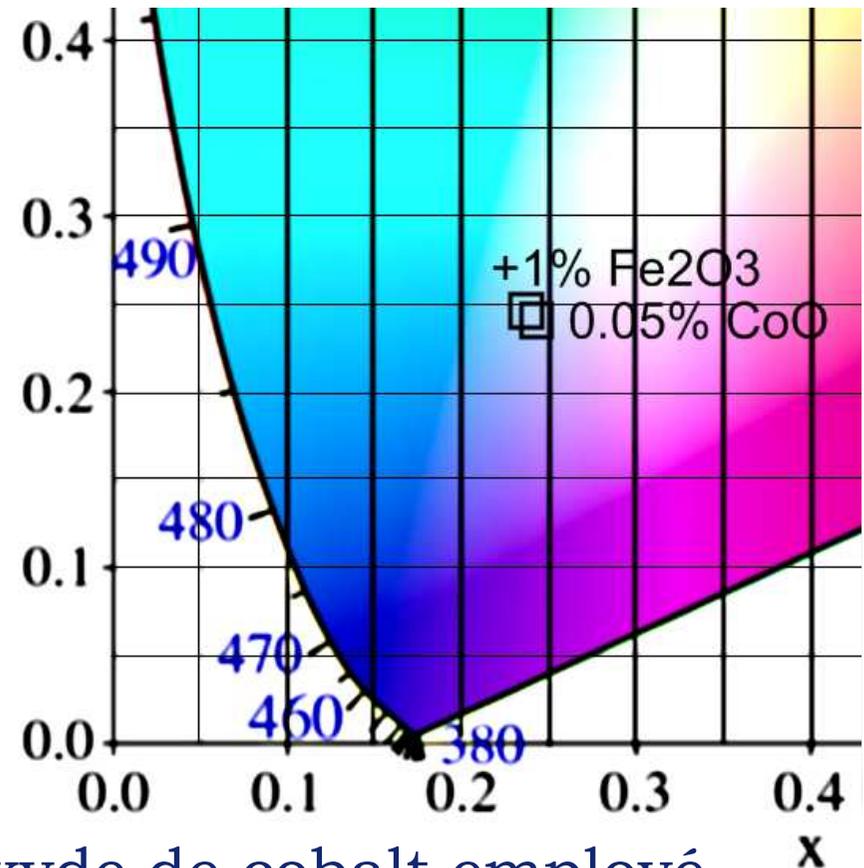


Cette composition est assez délicate : **l'oxyde de cuivre craint le chauffage à la houille, dont les fumées peuvent le réduire**. Il faut avoir soin de faire un feu clair. Cette composition, qui m'a bien réussi dans des pots ordinaires, serait d'une réussite plus certaine encore dans des pots couverts.



**Les fumées, le niveau de température ?**

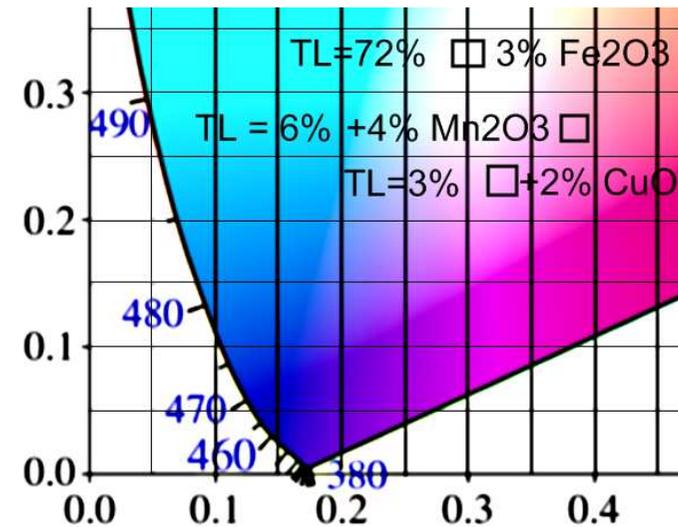
Les **verres bleu-gris employés pour les lunettes** sont colorés par une petite quantité de cobalt dont on neutralise **la partie rouge par l'oxyde de fer** ; ces verres doivent être bien moins foncés que les verres bleus employés dans la vitrerie.



Le quart de l'oxyde de cobalt employé dans la composition du bleu est tout à fait suffisant, soit 170 à 200 grammes de cobalt pour une potée de 400 kilogrammes, et on y ajoute de 3 à 4 kilogrammes d'oxyde de fer.

On fait aussi pour les **lunettes** une teinte complètement neutre qu'on appelle couleur **fumée de Londres (London smoke)**. Ce n'est pas, à proprement parler, une couleur, ce n'est qu'une atténuation du noir ; aucune couleur n'y domine, ni le bleu, ni le vert, ni le violet; **il faut donc que les oxydes qui produisent ces couleurs soient en proportion, de nature à se contrebalancer.**

Sable	100
Carbonate de potasse.	28
Carbonate de soude	10
Minium	50
Oxyde de fer	3
— de manganèse	4
— de cuivre	2



En augmentant les quantités d'oxydes colorants, tout en conservant leurs<sup>x</sup> proportions et diminuant la quantité de carbonate de potasse (parce que les oxydes agissent aussi comme fondants), on obtient un verre neutre plus foncé, c'est-à-dire un verre noir, qu'on emploie pour observer le soleil, et au travers duquel on doit le voir blanc sans aucune nuance de rouge.

On peut, dans la fabrication du verre neutre, **remplacer les oxydes de fer et de manganèse par l'oxyde de nickel**, qui produit une couleur d'un violet brun qui est assez bien neutralisée par le cuivre.

# Violet

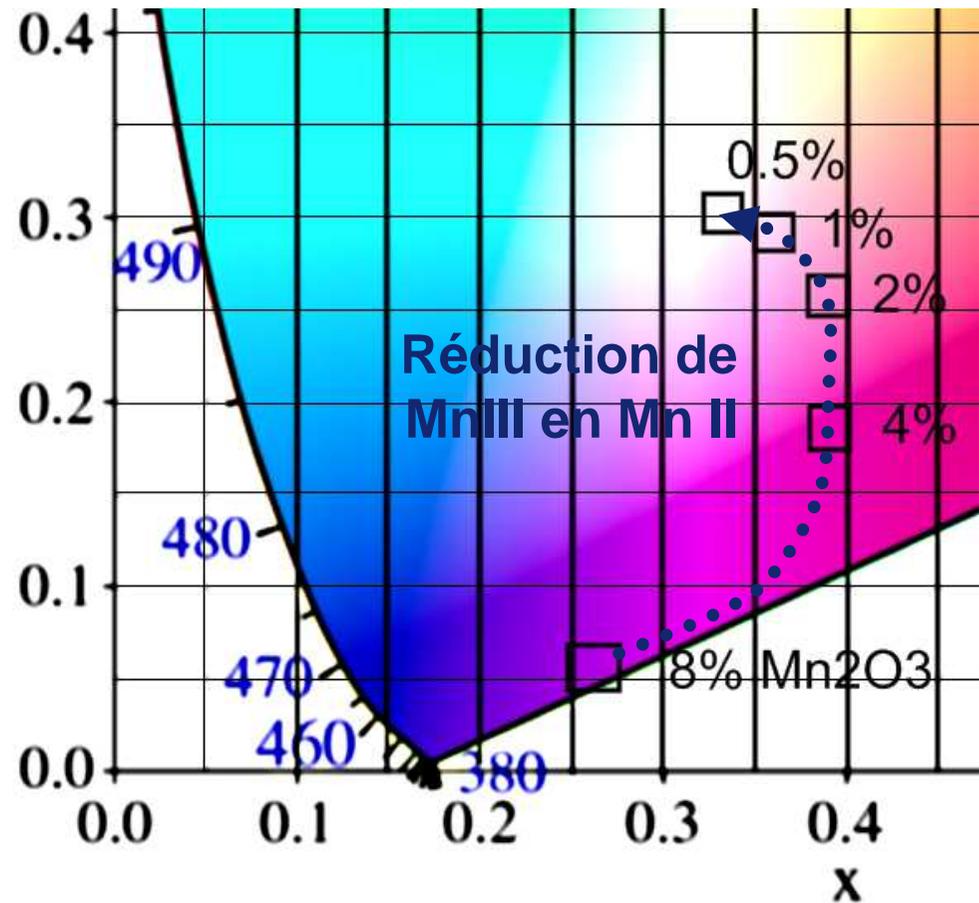
Il y a une grande variété de verres violets. **Il y a le violet rouge, le violet inclinant au bleu, qu'on appelle violet évêque, le violet indigo ou pensée; il y a des violets bruns, puis on fait des violets brun-clair qu'on nomme violet chair**, parce qu'ils sont employés comme celui des anciens vitraux du douzième et du treizième siècle pour les figures.

C'est **l'oxyde de manganèse** qui est la base de la coloration en violet. Mais il y a un fait assez remarquable, c'est que le manganèse seul donne un **violet rouge quand on emploie le sel de soude** pour fondant, et le **violet bleu évêque quand on emploie la potasse**. Si on veut un violet encore plus indigo, on ajoute une petite quantité d'oxyde de cobalt; enfin pour obtenir un violet brun, on ajoute de l'oxyde de fer à l'oxyde de manganèse.



SAINT-GOBAIN

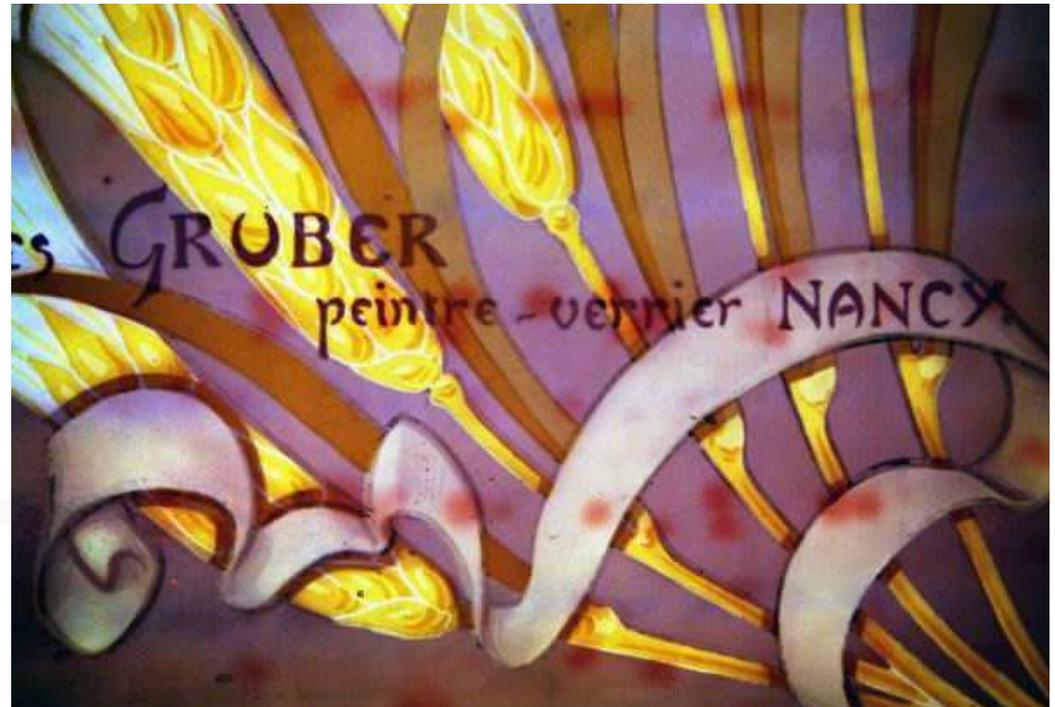
Le verre violet comme le verre bleu peut se fondre, et se fond ordinairement dans les mêmes fours que le verre blanc ordinaire; mais la **combustion de la houille, qui agit toujours d'une manière fâcheuse sur l'oxyde de manganèse**, en nécessite l'emploi d'une quantité plus grande que si on faisait la fonte dans un four chauffé au bois, ou dans un pot couvert ; on contrebalance l'effet de la houille par **l'addition d'une assez forte proportion de nitrate de potasse ou de nitrate de soude.**



Température, atmosphère, les deux ?

On est **quelquefois très-surpris**, quand on veut passer d'une teinte un peu claire à une teinte plus claire encore, d'obtenir un verre sans coloration, parce que **les produits de la combustion auront totalement neutralisé l'effet du manganèse**; aussi faut-il employer **d'autant plus de nitrate de potasse qu'on emploie peu de manganèse**.

De la remarque que nous avons faite sur l'intensité de la couleur produite par le manganèse, il résulte que **la fabrication d'un verre violet très-clair, violet chair, par exemple, n'est pas sans difficultés**: il faut souvent faire plusieurs potées pour arriver à la teinte qu'on désire.



Heureusement, les teintes intermédiaires qu'on emploie sont d'un usage assez fréquent, surtout dans les vitraux en imitation de ceux des douzième et treizième siècles.

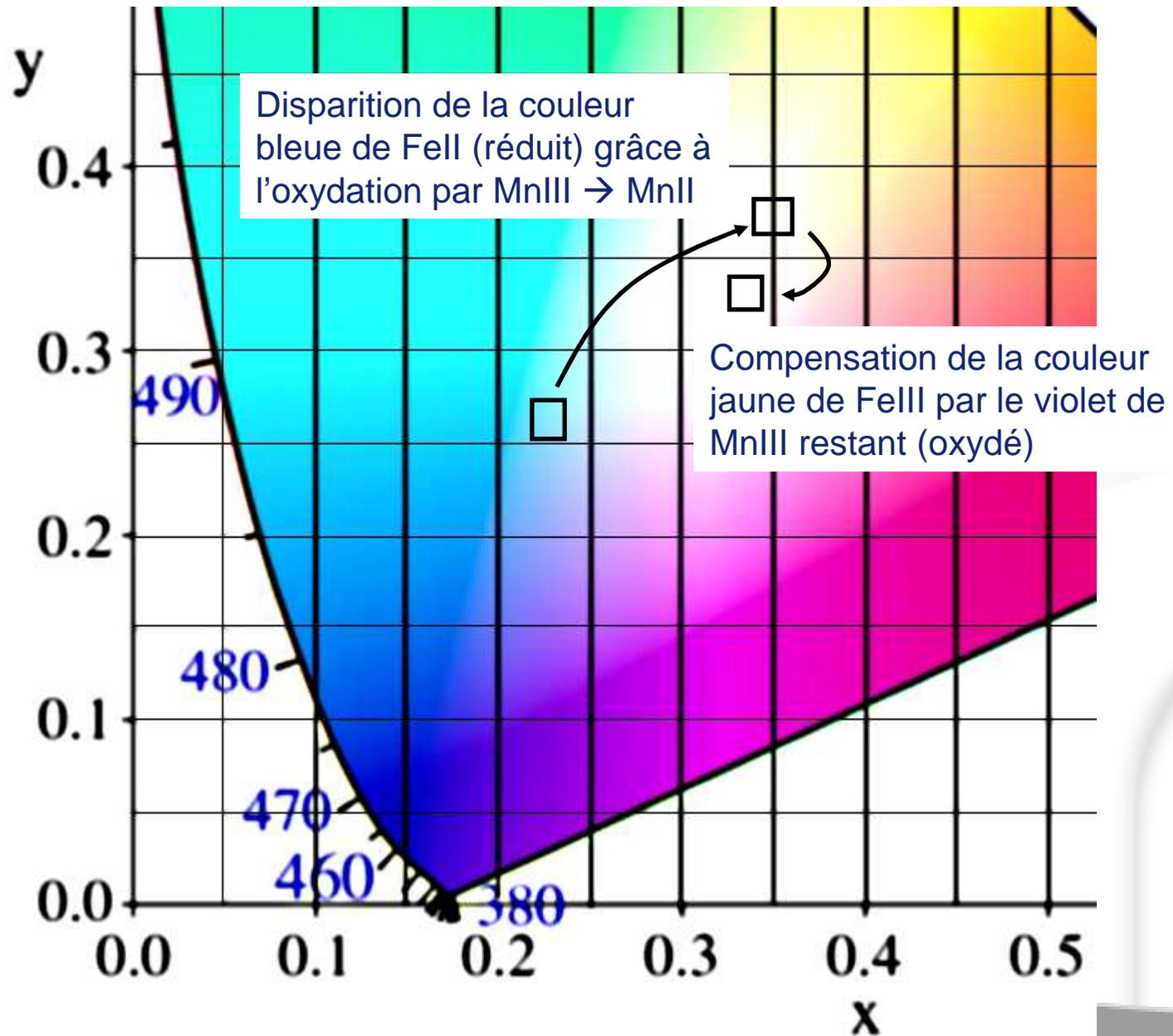
## Le manganèse, savon des verriers

### Ou comment faire du verre blanc en ajoutant des colorants ?

Cette action de ces deux oxydes l'un sur l'autre, dont le résultat est de corriger la couleur produite par l'oxyde de fer qui se trouve dans presque toutes les matières employées par le verrier, a fait de tout temps **donner au manganèse le nom de savon du verrier**.

La couleur propre produite par l'oxyde de manganèse dans la composition du verre est le violet et par cela seul on peut déjà se rendre compte de quelle façon **il détruit la couleur jaune verdâtre produite par le fer**.

Le peroxyde de manganèse **cédant une portion de son oxygène** quand ces deux oxydes se trouvent en présence, la partie bleue de la teinte verdâtre se trouve détruite, il ne reste plus que la teinte jaunâtre ; d'autre part, la couleur violette produite par le manganèse à l'état de peroxyde se trouve atténuée par la perte d'une portion de son oxygène : il reste donc **en présence une légère teinte jaune et une légère teinte violette, dont la résultante est le blanc**.



Cet effet de l'atténuation ou de la destruction de la couleur violette du peroxyde de manganèse par la présence du protoxyde de fer qui lui enlève une portion de son oxygène, peut se produire aussi par l'introduction de matières charbonneuses dans le verre coloré par le peroxyde de manganèse. Ces matières charbonneuses, **en s'emparant d'une portion de l'oxygène du peroxyde de manganèse**, détruisent plus ou moins sa coloration violette. Cette propriété est mise à profit par le verrier quand il s'aperçoit qu'il a outrepassé la dose de manganèse.

Ainsi, dans les verreries de gobeletterie, on est dans l'usage, lorsque le verre est fondu, **d'y introduire de l'oxyde de manganèse pour le blanchir.**

L'effet est plus sûr qu'en introduisant le manganèse dans la composition, parce que, **s'il se trouve dans la composition des matières charbonneuses, elles détruisent l'effet du manganèse**, qui peut d'ailleurs se trouver détruit aussi par la fumée du four de fusion, ou des parcelles de combustible tombant dans le creuset.

Cette mise en couleur s'opère donc généralement **lorsque le verre est fondu** ; on y met l'oxyde de manganèse, soit en l'introduisant jusqu'au fond du creuset dans une sorte d'éteignoir renversé en fer au bout d'un long manche en fer, soit en le mettant sur le dessus du verre, et brassant de suite le verre avec une spatule en fer. Quand l'effervescence produite par ce brassage dit maclage est passée, on fait une montre pour voir la couleur du verre.

**Si on a outrepassé la dose nécessaire de manganèse**, le verre se trouve d'une nuance violette trop foncée, et alors **il suffit de plonger une perche à quelques reprises jusqu'au fond du creuset pour diminuer cette teinte trop forte** : dans cette opération, la combustion presque instantanée du bois de la perche au moyen de l'oxygène du manganèse, ramène celui-ci à un degré moindre d'oxydation, et corrige la couleur.

Il résulte naturellement de ce que nous avons énoncé que le nitrate de potasse doit produire un effet opposé à celui des matières charbonneuses; aussi le meilleur moyen de fixer la couleur violette du manganèse est-il d'ajouter à la composition du **nitrate de potasse ou de soude qui fournit au manganèse de l'oxygène** qu'il pourrait perdre en vertu d'autres réactions.

**L'acide arsénieux**, ou arsenic blanc, produit sur le manganèse un effet **analogue à celui du charbon**; comme **il tend à s'emparer de l'oxygène** pour passer à l'état d'acide arsénique, on peut, et cela est préférable à l'emploi de la perche de bois, projeter quelques fragments d'acide arsénieux (dont l'habitude du verrier lui fait apprécier la quantité) dans le verre fondu dont la teinte est trop violette. Cet acide étant plus pesant que le verre, tend à aller au fond, désoxyde le manganèse et détruit en conséquence une partie de sa coloration.

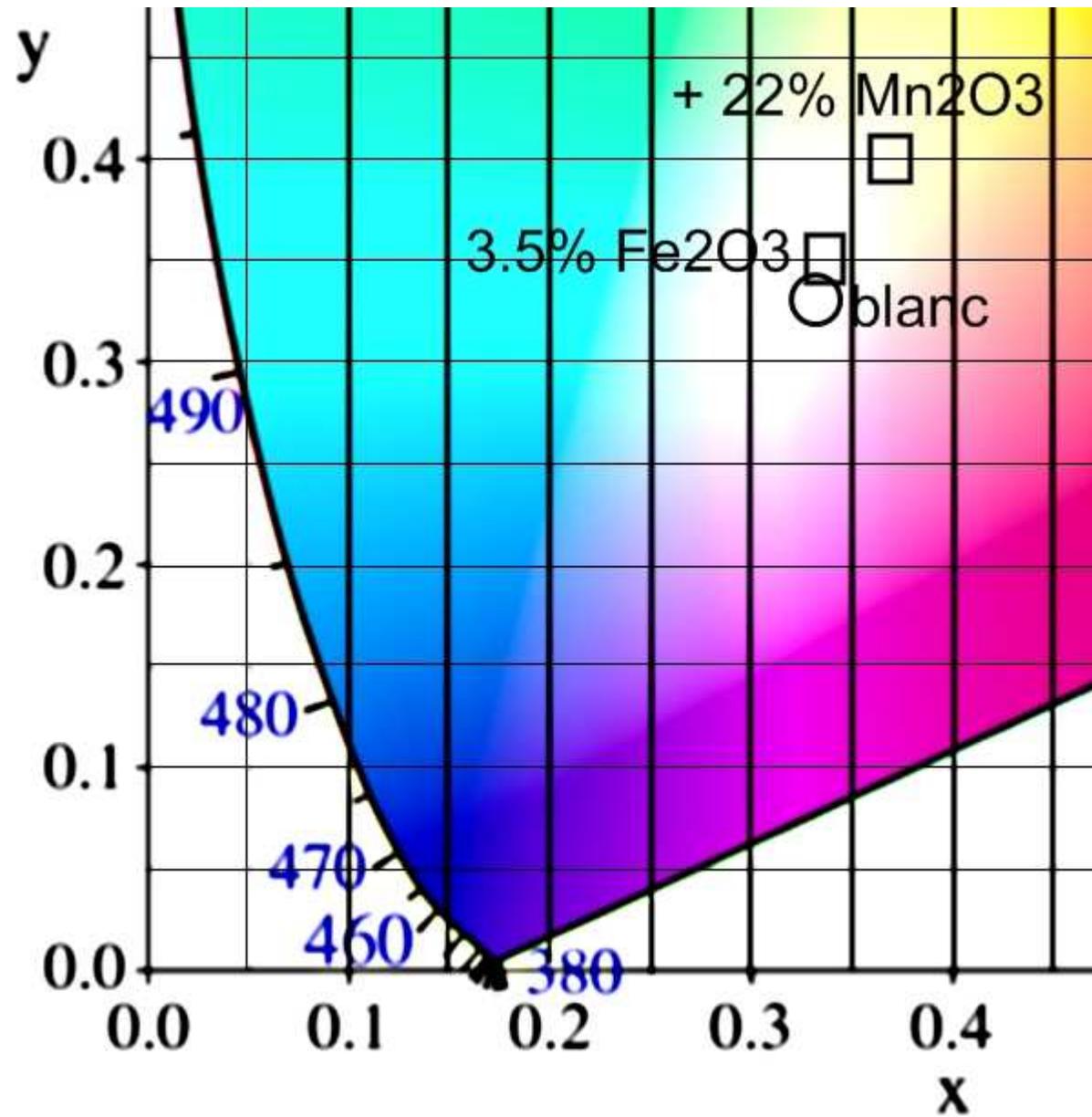
## VERRE JAUNE

Avant de commencer ce que nous avons à dire du verre jaune, qu'il nous soit permis encore une fois de prémunir le lecteur contre certaines recettes qu'il pourra trouver dans des ouvrages même très-estimables. Ainsi, par exemple, Loysel, dans son essai sur la verrerie, ouvrage cependant très-remarquable à beaucoup d'égards, indique comme composition de verre à vitre jaune:

Sable blanc	100
Carbonate de chaux éteinte à l'air.	12
Sel de soude calciné contenant 11 % d'acide carbonique	45 à 48
Rognures de verre de même qualité	100
Muriate d'argent	5 à 10

Or, j'affirme qu'une telle composition n'a jamais pu donner du verre à vitre jaune ; on n'aurait ainsi obtenu qu'un verre opaque, marbré de diverses nuances olivâtres.

J'ai fabriqué les verres jaunes en masse par deux procédés différents à savoir : **en colorant le verre blanc par un mélange d'oxydes de manganèse et de fer ou bien par le charbon végétal.**



J'ai bien plus fréquemment fait le **verre jaune coloré par le charbon, ou, ce qui est plus exact, par le bois**. Je dis plus exact car, bien que le charbon végétal ou minéral colore le verre en jaune, vous n'obtenez jamais avec ces charbons un beau jaune brillant.

Les anciens verriers conseillaient surtout le **bois d'aune**. Le bois d'aune est effectivement très-bon, mais **j'ai obtenu des jaunes tout aussi beaux avec d'autres bois légers, tels que le peuplier, et aussi avec du cerisier**. Ce que l'on doit surtout observer, et ce que ces anciens verriers ne mentionnaient pas, c'est que **ce bois doit être employé quand il a encore sa sève**.

Prenez du bois d'aune, de peuplier, quelques mois après avoir été coupé, vous aurez un **verre jaune tournant au brun**, comme si vous aviez employé du charbon de bois ou de terre.

Un beau verre jaune est produit par la composition suivante :

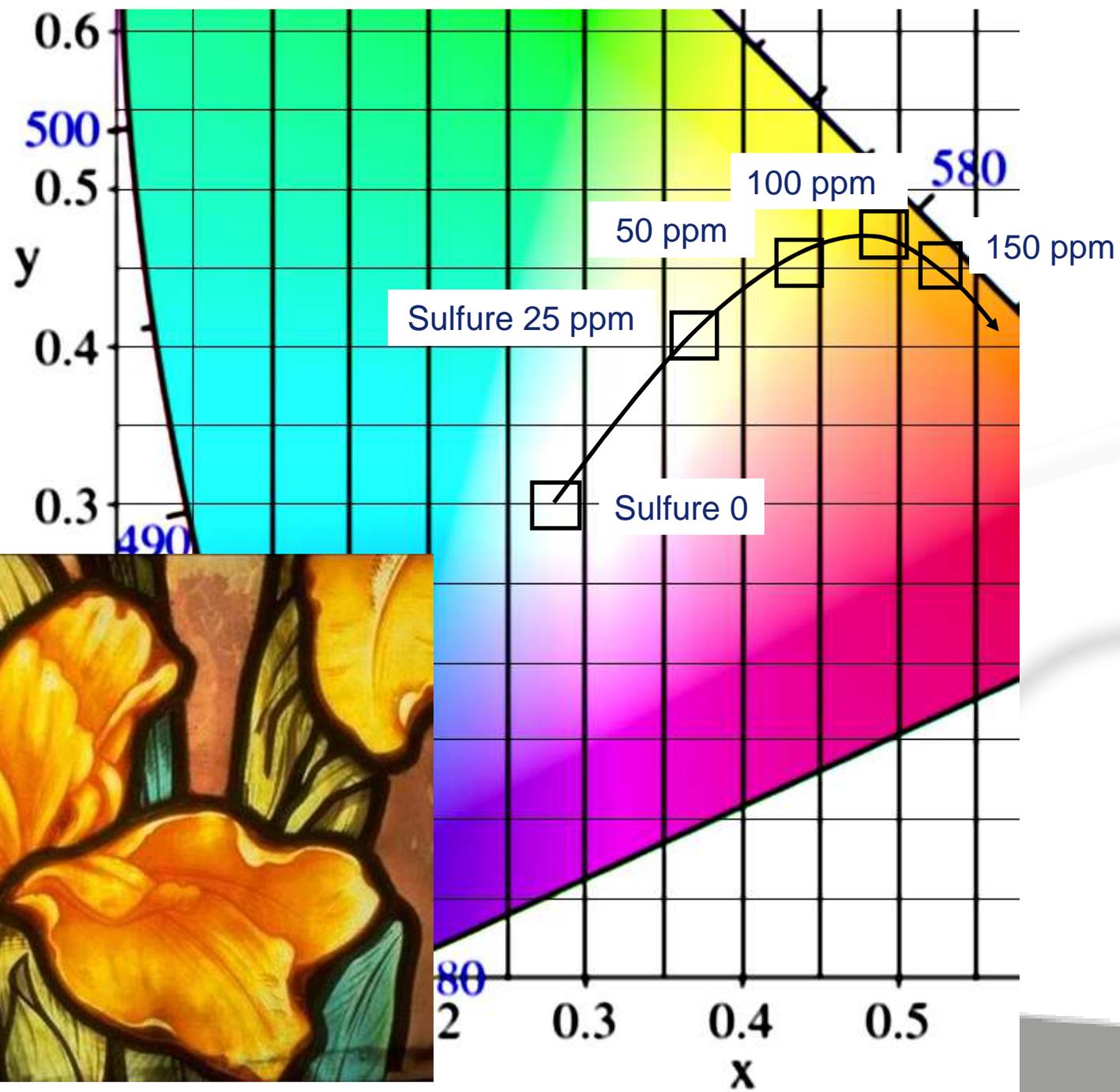
Sable	100
Carbonate de soude	45
Craie	35 à 40

**Sciure de bois de peuplier récemment abattu 4**

La même composition, avec huit parties de sciure de bois de peuplier ayant sa sève, a donné un jaune orange clair, et avec douze parties de la même sciure, a donné un jaune orange foncé.



  
SAINT-GOBAIN

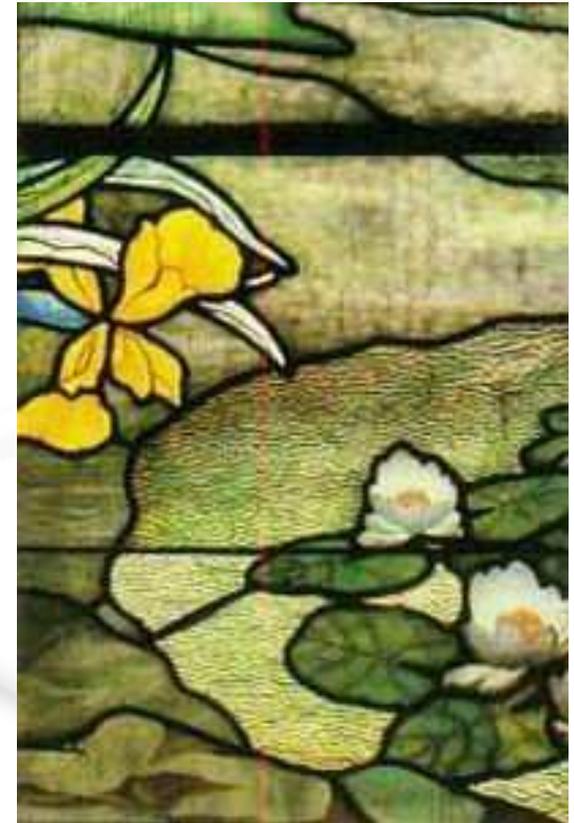


**D'où vient cette teinte jaune? A quel état se trouve le carbone dans le verre jaune?** N'est-il qu'à l'état de molécules interposées? Ou bien est-il en combinaison?

M. Pelouze a signalé le premier la présence du soufre à l'état de sulfate dans tous les verres qu'il a analysés, et **attribue à ce soufre seul la coloration en jaune** que donne à la composition du verre l'addition de carbone, par exemple.

Il ne m'est certes pas permis de contester des résultats obtenus par un savant tel que M. Pelouze, mais je ne puis m'empêcher d'exprimer **combien il m'en coûte d'abandonner l'idée que le carbone colore le verre en jaune.**

Je crois donc que les résultats énoncés par M. Pelouze devraient être confirmés par des expériences en grand, et, **jusque-là, je conserverai encore la croyance que le verre peut être coloré en jaune par le charbon sans aucune intervention du soufre**



La fabrication du verre jaune en masse à d'ailleurs perdu une grande partie de son importance depuis qu'on fait si facilement des **verres teints en jaune par l'argent**. **Il y a des conditions exigées pour le verre blanc destiné à être teint, qui sont tout à fait du domaine du verrier.**

L'argent appliqué sur le verre dans un état d'extrême division avait la propriété de teindre ce verre en jaune; afin d'obtenir cet état d'extrême division, on le mélange avec un médium neutre, tel que l'ocre ou l'oxyde rouge de fer.

*Grisaille et jaune à l'argent  
1400-1450*



**Dissoudre 5 grammes d'argent fin dans 10 grammes d'acide nitrique, où on ajoute un peu d'eau chaude pour faciliter la dissolution. Quand elle est opérée, mettez dans un autre vase cent vingt gouttes d'acide sulfurique, auquel on ajouté un peu d'eau bouillante, et versez le premier mélange dans le deuxième; ajoutez ensuite 50 grammes d'oxyde de fer, et si vous n'avez pas mis trop d'eau chaude, tout le mélange doit être à consistance de pâte ferme ; on le mélange intimement en l'écrasant avec le couteau à palette, puis on le met sur le feu dans une poêle en fer pour faire évaporer les acides. On n'a plus ensuite qu'à le broyer à l'eau à l'état de bouillie liquide pour s'en servir à colorer le verre.**



La feuille, nettoyée, est d'un jaune égal, vif, transparent, orangé foncé, nous le répétons, **si la substance du verre était dans les conditions convenables.**

## Verre jaune à l'oxyde d'uranium

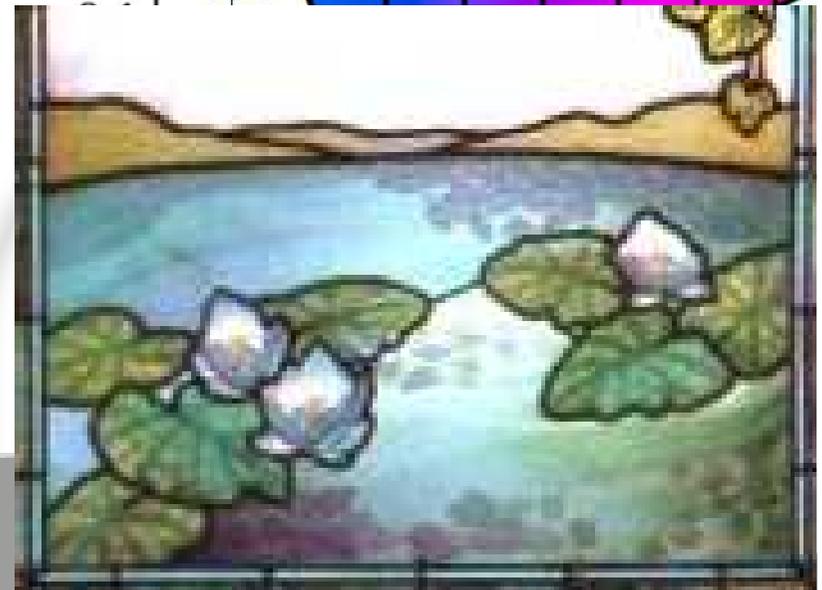
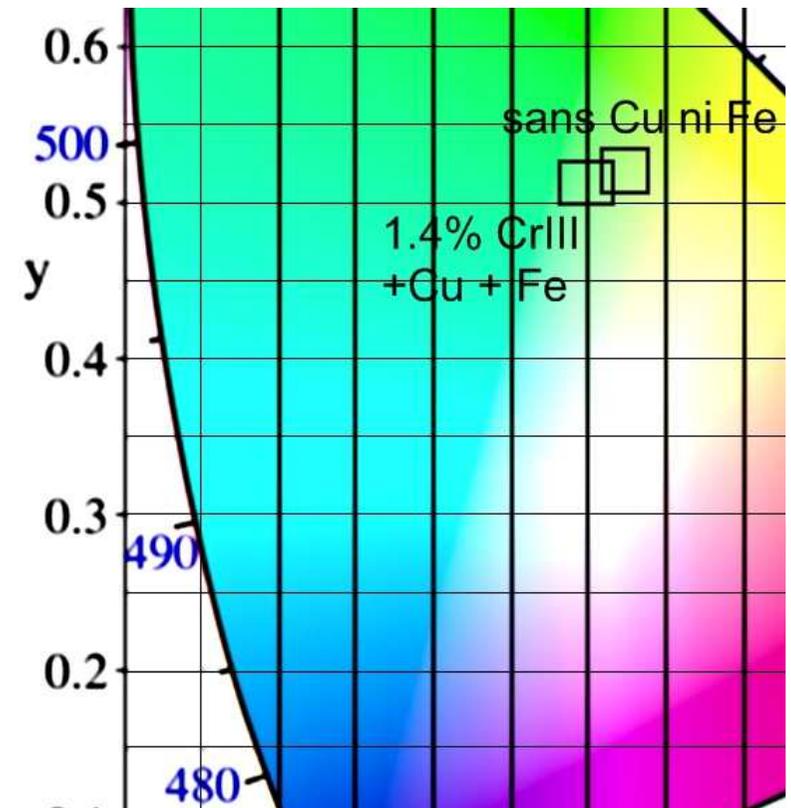
Ce n'est que de nos jours que l'oxyde d'urane a été employé en verrerie. Les Allemands ont les premiers produits ces jolis verres d'un **jaune clair citron à reflet verdâtre** produit par l'oxyde d'urane.

Ce reflet verdâtre que renvoie le verre coloré par l'urane est une fluorescence, c'est-à-dire une émission de courte durée de lumière verte propre à ce verre; cette émission est de la même nature que la lumière bleue produite par le cristal avec d'autant plus d'intensité qu'il contient plus de plomb.

C'est à M. Edmond Becquerel que sont dus les principaux travaux sur la phosphorescence et la fluorescence, et c'est dans ses mémoires qu'il faut les étudier.

## Verres verts

**L'oxyde de cuivre, l'oxyde de fer, le bichromate de potasse** sont les substances employées pour la coloration du verre en vert. Cette coloration s'opérait facilement dans les pots ouverts des fours chauffés au bois ; mais ce n'est pas sans précautions qu'on arrive à avoir de beaux verres verts dans les fours à la houille, à cause de la fâcheuse influence de ce combustible sur l'oxyde de cuivre. Il faut toujours employer d'assez fortes proportions de salpêtre pour **maintenir l'oxydation du cuivre.**



# Verres verts

L'effet du **bichromate de potasse** est plus certain et donne une **nuance un plus brillante** ; aussi l'emploierait-on en plus forte proportion s'il n'avait pas l'inconvénient de **fondre très-difficilement et de donner des grains noirs dans le verre.**

$\text{Cr}^{3+}$  difficilement soluble !

Bertin - Véranda Maison  
Schott Nancy



# VERRE ROUGE

M, Darcet fut nommé rapporteur, et conclut son rapport, inséré dans le Bulletin de la Société d'août 1826 :

« Il résulte de ce qui précède que **M. Bontemps** ayant fabriqué, à la verrerie de Choisy-le-Roi, des verres rouges de bonne qualité colorés sur une de leurs surfaces, imitant parfaitement les plus beaux verres rouges des anciens vitraux peints, nous paraît avoir atteint le but, et avoir décidé favorablement, pour notre industrie, la question de l'introduction en France des verres rouges fabriqués à l'étranger; car **la verrerie de Choisy-le-Roi est maintenant en état de fournir au commerce le beau verre rouge pareil à celui des anciens vitraux peints**, et en aussi grande quantité que ce produit pourra être demandé. »

« Nous pensons, en conséquence, que M. Bontemps, directeur de la verrerie de Choisy-le-Roi, a fait une chose utile à l'industrie française en rétablissant chez nous la branche d'industrie dont il est question, et nous proposons à la Société, en approuvant ses travaux, de lui témoigner tout l'intérêt qu'elle y prend. »



# VERRE ROUGE

Il m'était plusieurs fois arrivé **en fabriquant du verre vert** de remarquer dans les fonds de pots des **traces de beau rouge produites par des influences charbonneuses.**

J'avais essayé de les produire d'une manière complète dans de petits pots d'essai de 500 grammes à 1 kilogramme, où je tentais de **ramener le cuivre à un premier degré d'oxydation**, soit avec de la poudre de charbon, soit avec du fer et de l'étain, ou enfin du tartrate de potasse.

Souvent je dépassais le but, **le cuivre était tout à fait désoxydé** et se rassemblait au fond du pot à l'état métallique ; j'arrivais quelquefois à voir tout le contenu du creuset rouge opaque en masse, mais transparent quand je le tirais en fils fins. **Souvent aussi le cuivre se réoxydait** et le verre redevenait vert.

Nous savons aujourd'hui que cette **couleur rouge par le cuivre**, ne peut être obtenue qu'autant que le **métal est maintenu à l'état de protoxyde**. Ce protoxyde tend toujours à passer à l'état de deutoxyde: on est donc obligé d'introduire dans la composition des **matières désoxygénantes** pour maintenir cet état de protoxyde, et naturellement l'effet voulu peut facilement être dépassé, et alors le cuivre, au lieu d'être maintenu à l'état de protoxyde est ramené à l'état métallique, et se précipite au fond du creuset.

Les autres matières, le fer, l'acide stannique, le tartrate de potasse ne sont qu'accessoires; on peut ne pas employer de fer et avoir un beau rouge ; on en met généralement, parce qu'il **contribue à maintenir le cuivre à l'état de protoxyde**.

**L'acide stannique** est la substance la plus propre à **maintenir le cuivre au premier degré d'oxydation**. Pour aider à l'action de l'acide stannique, j'ai souvent employé les copeaux d'étain, c'est-à-dire l'étain à l'état de métal, puis aussi du **tartre purifié** (tartrate de potasse)



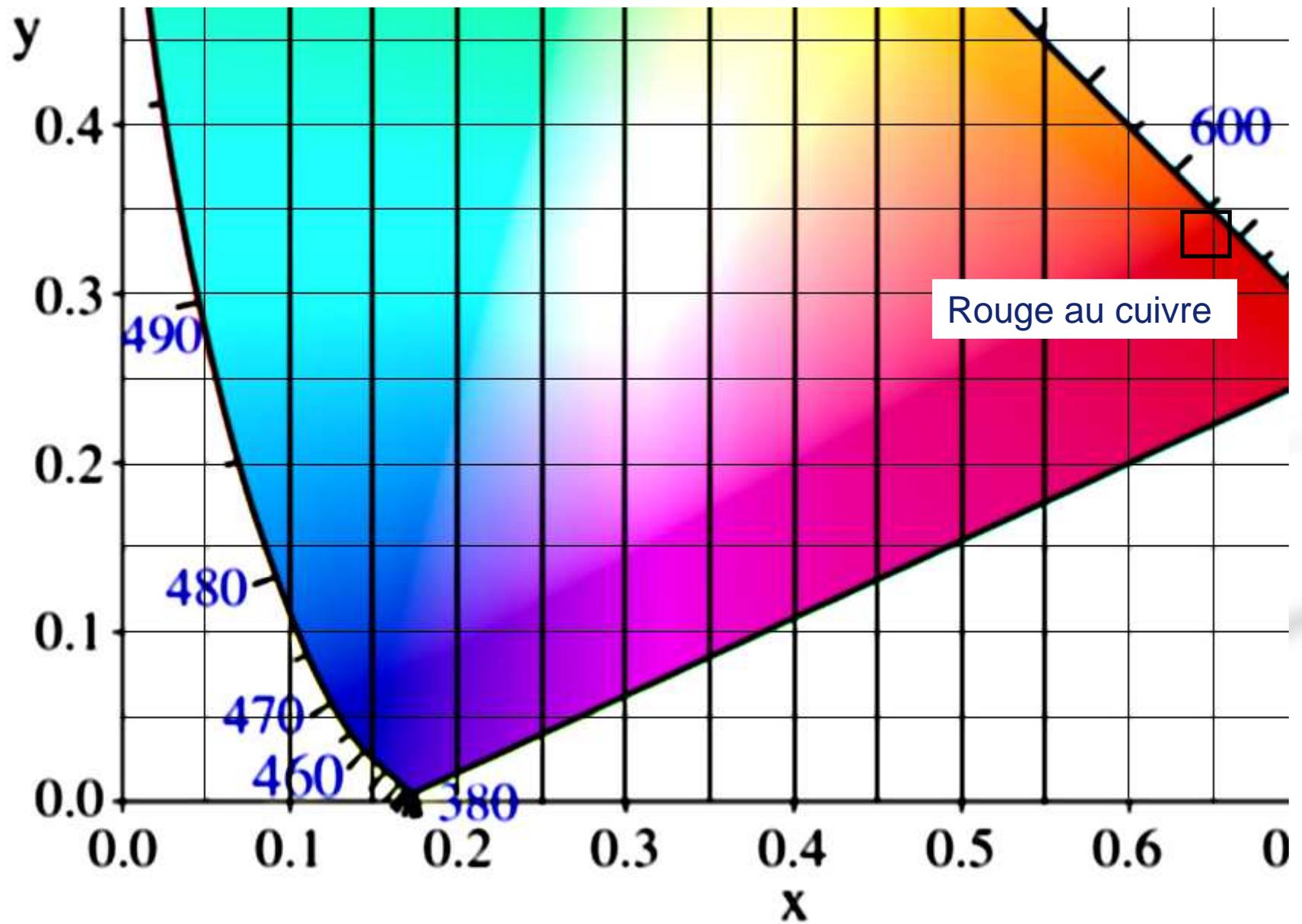
La méthode suivante est celle que je considère comme **donnant le verre rouge le plus régulièrement beau**. On fait une première composition avec

Sable	25
Minium	50
Oxyde de cuivre	1,2
Acide stannique	5

On la renfourne dans un petit pot ; au bout d'une heure, on la travaille deux ou trois fois à la **pomme de terre**, c'est-à-dire que, fixant une petite pomme de terre au bout d'un petit ferret, on fait deux ou trois fois pénétrer cette pomme de terre jusqu'au fond du pot, puis on tire à l'eau.

Quand le verre est sec, on le renfourne de nouveau, et au bout de deux heures on le travaille deux ou trois fois à la **pomme de terre**, et on le tire à l'eau. On le renfourne une troisième fois, on le travaille au bout de trois heures deux ou trois fois à la **pomme de terre** et on le tire à l'eau.

Au second tirage à l'eau, le verre est d'un **jaune clair**; au troisième, il est d'un **jaune orange** avec quelques parties d'un **rouge transparent**.



**Or.** — C'est **au moyen de l'or qu'on donne au verre cette belle couleur rubis**, qui diffère de la belle couleur rouge produite par le cuivre en ce que celle-ci, quand elle est bien réussie, doit être d'un rouge inclinant à l'orange, tandis que **le rouge de l'or est un rouge groseille, c'est-à-dire inclinant au pourpre**; il y a aussi cette différence que l'or peut donner un rouge dans la masse, tandis que le rouge de cuivre ne peut être travaillé qu'en couche mince.

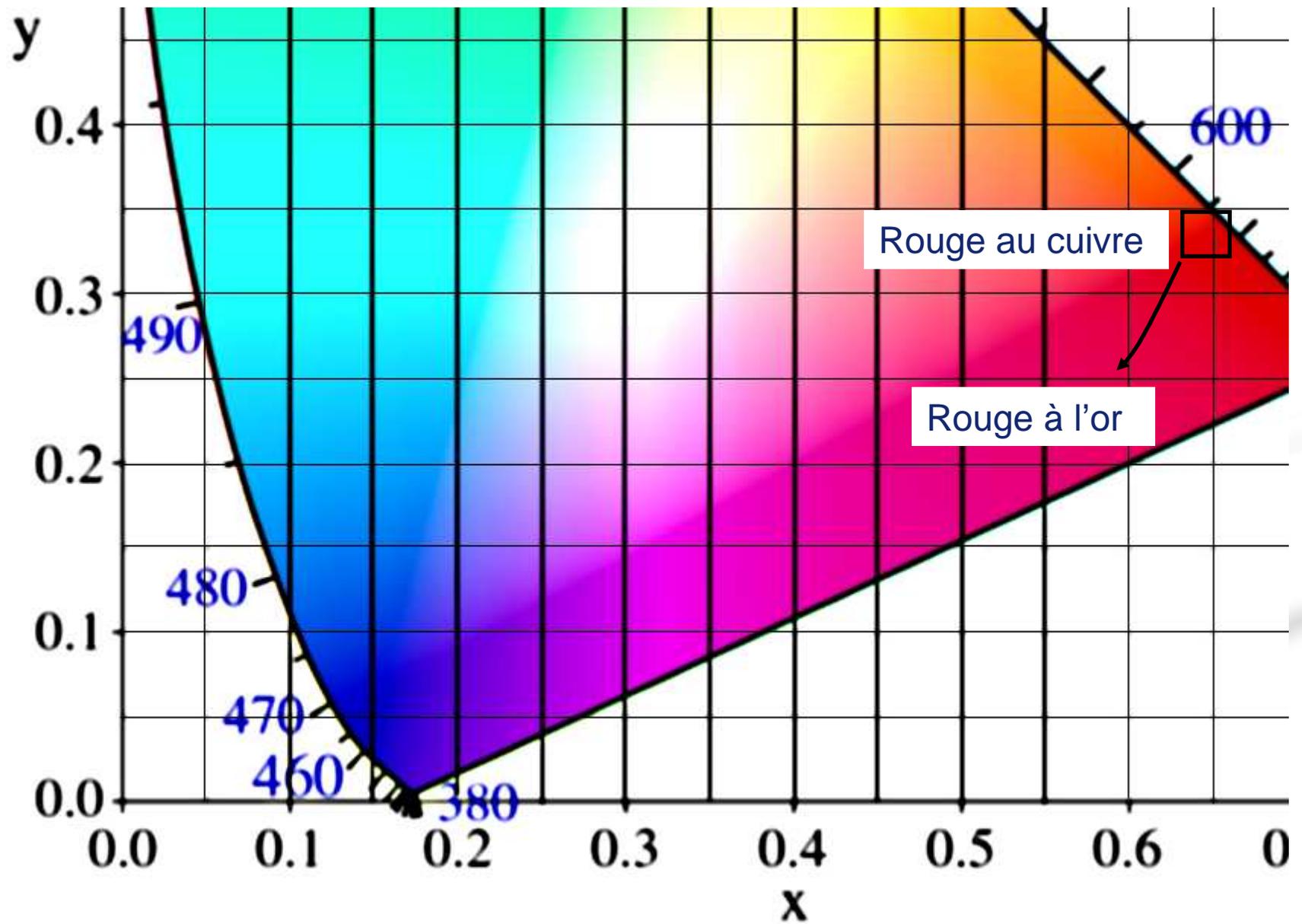
C'est à l'état de précipité pourpre de Cassius qu'on emploie l'or dans la vitrification. Les alchimistes, qui ont tourmenté l'or de toutes les façons, et les auteurs qui ont écrit anciennement sur la verrerie, se sont beaucoup étendus sur certains tours de main indispensables dans la préparation de ce **pourpre de Cassius, chlorure d'or et d'étain**.

Comme ils avaient reconnu que l'eau régale seule dissolvait l'or, ils avaient imaginé différentes espèces d'eau régale, et tous leurs procédés consistaient à mêler ensemble des substances qui contiennent de l'acide chlorhydrique et de l'acide nitrique. La recette était compliquée et plus on la regardait comme savante, tandis que la science réelle tend toujours à simplifier les méthodes, et c'est le résultat qu'elle a atteint, dans la préparation du précipité pourpre de Cassius, que nous engagerons les verriers à opérer eux-mêmes, quand ils voudront l'employer.

Il est à remarquer que le verre dans lequel on a fait entrer l'or n'est pas coloré par la première fusion.

Quand on le cueille, on ne voit qu'un verre incolore : il faut, pour faire apparaître la couleur rubis laisser refroidir le plus qu'on peut sans opérer la fracture, puis réchauffer. Alors, à mesure que le verre reprend une température élevée, vous voyez la couleur se développer. Que se passe-t-il alors? **A quel état se trouve l'or lorsque le verre est transparent et incolore? à quel état se trouve-t-il lorsque le verre a revêtu cette belle couleur rubis?** Il y a sans doute, dans ces deux cas, deux degrés différents d'oxydation ; **mais à quel élément l'or cède-t-il ou prend-il son oxygène ? Le peu d'affinité de l'or pour l'oxygène nous ferait croire que c'est en perdant de l'oxygène qu'il donne la couleur rubis.**





# Verre opale

Les fabricants de cartonnages emploient certains verres plats, tels que les verres opales, bleu turquoise, bleu lapis opale. Ces verres sont faits en manchons, étendus dans des fours à étendre.

L'opale se compose avec :

Sable	100
Minium	66,66
Potasse	34,34
Os calcinés ( <b>phosphate de chaux</b> )	8 à 10

Ce verre est transparent quand on le cueille et qu'on commence à le souffler; ce n'est qu'à la première chauffe qu'il s'opalise, et plus on le chauffe, plus il devient opaque ; si la proportion d'os calcinés est trop forte, on dépasse l'effet voulu : le verre, au lieu d'avoir un **léger reflet aurore**, est d'un blanc mat et devient semblable à l'émail blanc.

**L'acide arsénieux**, employé en forte proportion dans la composition du verre, environ 3 pour 100 de la composition et avec le soin de mettre le nitrate de potasse parmi les éléments, produit un **verre laiteux, un véritable émail blanc**, devenant d'autant plus opaque qu'on le fait refroidir et réchauffer un plus grand nombre de fois.

Dans l'état de transparence, l'acide arsénieux était-il à l'état de base, c'est-à-dire de silicate d'arsenic, ou bien s'unissait-il à l'une des bases en formant un arsénite?

Dans l'un et l'autre cas, il paraît que **cet excès d'acide arsénieux se sépare ou de l'acide ou de la base lors du refroidissement**, et forme dans la masse ce nuage qui se traduit par de l'opacité.

**L'étain** est parfois employé aussi pour la production du verre blanc opaque ou de l'émail blanc. **L'acide stannique s'interposant entre les molécules du verre sans se vitrifier lui-même, le rend blanc.**

## Disons quelques mots des **verres de couleur doublés**.

Aux douzième, treizième et quatorzième siècles, le verre rouge seul était une couleur doublée, c'est - à - dire formée d'une très-légère couche de verre rouge recouvrant un verre blanc d'épaisseur ordinaire.

Au quinzième ou seizième siècle, on mit à profit ce fait de la couleur rouge doublée, **en usant au tour une partie de la couche rouge**, pour faire, par exemple, une ornementation sur la bordure d'un manteau rouge, sur laquelle on pouvait **entailler une ornementation en blanc, ou même la teindre en jaune d'or**.



Antoine Bertin –  
1900 - Véranda  
ex-maison Schott,  
6 quai de Choiseul  
à Nancy



Antoine Bertin –  
1900 - Véranda  
ex-maison Schott,  
6 quai de Choiseul  
à Nancy



MERCI DE VOTRE ATTENTION