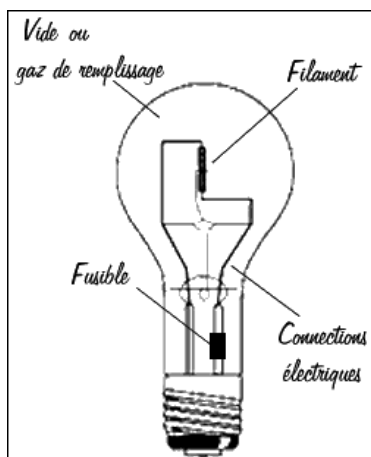


Les lampes à incandescence

Le principe de fonctionnement de ce type de lampe est extrêmement simple, comme son nom l'indique, il s'agit d'un phénomène d'incandescence. Un filament conducteur est porté à haute température par le passage d'un courant électrique, comme tout corps chauffé, le filament émet alors de la lumière.

Constitution



Une lampe à incandescence est donc constituée d'une ampoule en verre contenant un gaz de remplissage ou un vide poussé.

Le filament, relié aux connexions électriques est réalisé en tungstène, un matériau très réfractaire dont la température de fusion est de 3653 Kelvins (3380° Celsius), on ajoute dans de faibles proportions des additifs destinés à améliorer la qualité du tungstène (oxyde de thorium).

Il est à noter que les premières lampes, définitivement mises au point par Thomas Edison à Orange (New Jersey, USA) en 1879, utilisaient un filament réalisé en graphite (lampes à filament de carbone).



Ce type de lampes, au rendement faible et très fragiles n'est plus utilisé qu'à des fins décoratives ou expérimentales.

Toutes les lampes comportent également un fusible dont la fonction est d'assurer la protection du réseau électrique lors du "claquage" de la lampe.

Enfin le verre de l'ampoule est choisi en fonction des conditions d'utilisation de la lampe. Les lampes dépolies ou satinées subissent un traitement chimique visant à modifier l'état de surface du verre. Cette opération concerne toujours la face interne de l'ampoule.

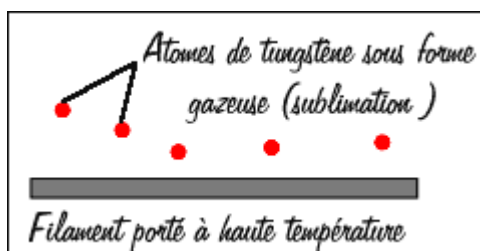
Température et couleur

Le passage d'un courant électrique dans le filament impose un échauffement à celui-ci. La température peut atteindre 2823 Kelvins (2550 ° Celsius) pour une lampe d'usage courant. Dans le cas des lampes halogènes cette valeur peut atteindre 3200 Kelvins (2927 ° Celsius).

Pour une lampe nue, la lumière produite dépend essentiellement de la température du filament. Plus elle sera élevée, plus la lumière sera blanche. En théorie, pour produire une lumière de même qualité que la lumière solaire, une lampe à incandescence devrait utiliser un filament porté à 5222 Kelvins (4949 ° Celsius), ce n'est bien entendu jamais le cas puisque aucun métal ne tient à une telle chaleur.

On peut se rendre compte de l'influence de la température en manipulant le variateur d'une lampe halogène, en position minimale, la lumière est orange/jaune, la température du filament est relativement basse, au fur et à mesure qu'elle s'élève, la lumière devient de plus en plus blanche.

Gaz ou vide ?



Si une ampoule était remplie d'air, le dioxygène oxyderait rapidement le filament porté à haute température. On peut évaluer la durée de vie d'une telle ampoule à quelques dixièmes de secondes. Les premières lampes utilisaient donc des ampoules dans lesquelles on avait fait le vide. Cette solution, la plus évidente, est encore employée aujourd'hui. Dans ce type de lampes, le filament, s'il n'est plus oxydé a tendance à se sublimer, ce qui signifie que

porté à haute température il perd des atomes qui se retrouvent sous forme gazeuses dans l'ampoule. Ceci a deux conséquences, le filament perd des atomes et s'amincit, un claquage se produit ensuite, les atomes sublimés peuvent se déposer sur le verre de l'ampoule qui noircit.

De manière à améliorer la durée de vie, on remplit donc l'ampoule avec des gaz inertes, il peut s'agir d'azote, d'argon, de krypton ou de xénon. Le gaz le plus efficace est le xénon, c'est aussi le plus cher, on emploie couramment de l'argon bon marché ou le krypton pour les lampes de gammes supérieures. Le gaz de remplissage limite dans une certaine mesure la sublimation du tungstène et permet ainsi de porter le filament à des températures plus élevées sans diminuer son espérance de vie.

Les lampes à incandescence aux halogènes

Beaucoup de lampes à incandescence classiques sont maintenant des lampes halogènes. Plus efficaces, plus puissantes, ayant une espérance de vie plus longue et produisant une lumière plus agréable elles ont de multiples usages.

Constitution

Une lampe halogène est tout simplement une lampe à incandescence remplie d'un gaz diatomique appartenant à la famille des halogènes ou à un de leur dérivés. Différents gaz sont donc employés, parmi ceux-ci, on trouve :

- Le diiode de formule chimique **I₂**.
- Le bromure de méthyle de formule chimique **CH₃Br**.
- Le dibromure de méthylène de formule chimique **CH₂Br₂**.

En dehors des gaz de remplissage, la lampe halogène est adaptée aux nouvelles conditions de fonctionnement, en particulier, l'ampoule est réalisée dans un matériau plus résistant aux hautes températures. Il peut s'agir de quartz (silice pure de formule chimique **SiO₂**) ou de verres spéciaux comme le vycor (verre composé à 96% de silice). On entend souvent dire qu'il faut éviter de toucher une lampe halogène avec les doigts (dans le cas où elle est éteinte bien entendu...).

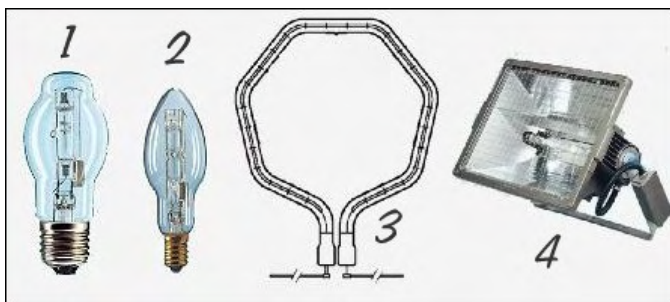
Il y a deux bonnes raisons à cela :

- Les matières organiques comme les graisses présentes à la surface de la peau réagissent à chaud et produisent entre autres du graphite (carbone) qui ternit la lampe et diminue son efficacité lumineuse.
- Les matières minérales alcalines comme le sel présent sur l'épiderme (chlorure de sodium NaCl) ont la propriété de réagir à haute température avec le quartz en le fragilisant. Cela peut conduire à une rupture de l'ampoule, qui peut être quelquefois très spectaculaire voire dangereuse.

Fonctionnement

Une lampe halogène fonctionne de la même manière qu'une lampe à incandescence classique, en outre un mécanisme supplémentaire, le cycle halogène intervient de manière à améliorer les performances.

Quelques lampes halogènes



Les lampes halogènes sont utilisées dans bien des domaines, il en existe donc de très nombreux modèles. Seules quelques lampes particulières seront décrites ici.

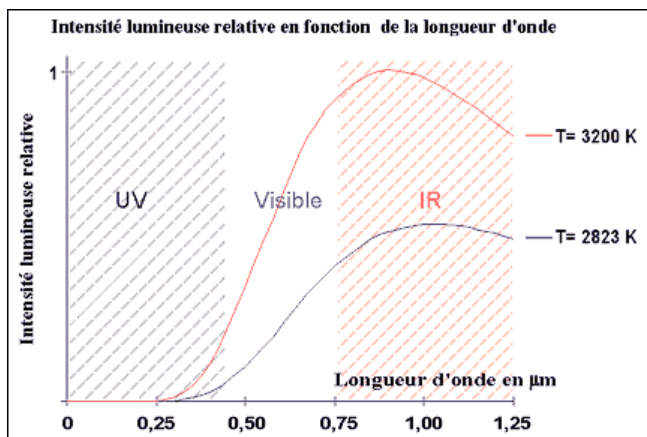
Les lampes **1** et **2** sont des lampes à double enveloppe, elles peuvent remplacer les lampes classiques et permettent ainsi de bénéficier des avantages des lampes halogènes sans modifier les luminaires.

La lampe **3** est une lampe très particulière, elle est destinée à produire un rayonnement infrarouge utilisé pour cuire ou réchauffer des aliments. Ses avantages sont nombreux :

montée en température de l'ordre de une seconde, grande durée de vie, puissance constante tout au long de la vie de la lampe et haut rendement. Ces lampes consomment une puissance électrique comprise entre 400 et 1300 Watts suivant les modèles. Des modèles similaires sont utilisés dans l'industrie pour le séchage des peintures, la stérilisation et même la fusion de matières plastiques.

La lampe **4** est un projecteur d'extérieur, d'une puissance de 2000 Watts, elle est équipée d'une vitre de 4 mm d'épaisseur fabriquée dans un verre adapté jouant le rôle d'isolant thermique.

Les lampes halogènes et les ultraviolets



Les lampes halogènes fonctionnent à des températures plus élevées que les lampes classiques, si cela améliore leur efficacité et produit une lumière plus proche de celle du soleil, la production de rayonnement ultraviolets est elle aussi en hausse.

Le schéma ci-contre représente l'intensité lumineuse relative pour deux lampes identiques fonctionnant à des températures différentes.

On remarque qu'à 3200 kelvins (2927°C) la production de rayonnement ultraviolet est relativement importante.

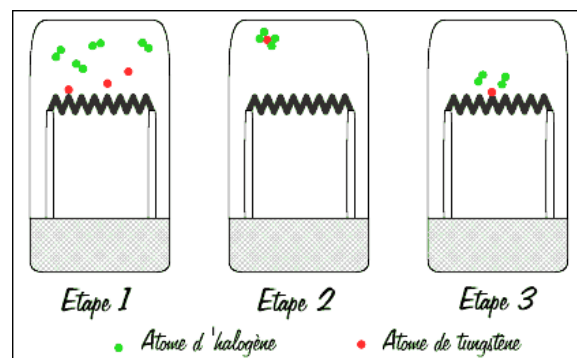
Or les ampoules en quartz des lampes halogènes n'absorbent pas les Ultraviolets (UV), pour cette raison, on place généralement devant la lampe une fenêtre en matière plastique transparente ou en verre dont la fonction est d'absorber ces radiations nocives.

Le cycle halogène

Le cycle halogène est à l'origine des performances des lampes halogènes, il permet une durée de vie plus longue, une température de fonctionnement plus longue donc une lumière plus blanche et une efficacité supérieure tout en évitant le ternissement du verre de l'ampoule. Le principe du cycle halogène est connu depuis près d'un siècle, cependant, il n'a réellement été mis en pratique dans la technologie des lampes qu'à la fin des années 1950.

Les ampoules sont remplies en partie d'un gaz halogène. Les halogènes constituent une famille d'éléments chimiques comprenant le fluor, le chlore, le brome, l'iode et l'astate. Typiquement, ce type de lampe utilise du diiode (gaz de formule chimique I_2) ou un dérivé bromé (bromure de méthyle).

Le cycle halogène a pour but de limiter la sublimation du tungstène constituant le filament et son dépôt sur le verre de l'ampoule. Le cycle peut se décomposer en trois étapes.



■ Etape 1

Les molécules de dihalogène sont présentes à l'intérieur de l'ampoule et côtoient des atomes de tungstène provenant du filament.

■ Etape 2

Au contact de l'enveloppe en quartz, un atome de tungstène peut se combiner à plusieurs molécules de dihalogène de manière à former une molécule de plus grande taille.

■ Etape 3

Lorsque cette molécule est soumise à une température élevée, à proximité du filament, elle se décompose en molécules de dihalogène et en un atome de tungstène qui va se redéposer sur le filament. Les molécules de dihalogène peuvent à nouveau rencontrer un atome de tungstène de manière à recommencer un nouveau cycle.

Chimiquement, le cycle halogène peut se traduire par l'équation bilan suivante,

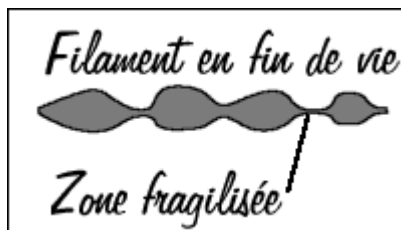


Où W est un atome de tungstène, X un atome d'halogène.

De manière à favoriser le cycle halogène, il est préférable que le verre de l'ampoule soit très chaud (environ 600°C), il est donc indispensable d'utiliser des matériaux particuliers comme le quartz ou Vycor de manière à résister à ces températures.

Au vu de ces quelques données, il semble donc qu'un filament puisse durer indéfiniment, en réalité plusieurs phénomènes interviennent, limitant la durée de vie du filament.

Dépôt du tungstène



Le tungstène a une fâcheuse tendance à se redéposer en un point différent de celui d'où il vient.

Il apparaît donc une série de points fragiles sur le filament, ces points sont autant de zones de rupture potentielles.

Plus ces zones sont fragilisées, plus leur résistance électrique est importante, plus elles sont chaudes et moins elles sont aptes à recevoir le dépôt de tungstène. La fragilisation est donc accélérée en fin de vie du filament.

Attaque des parties froides

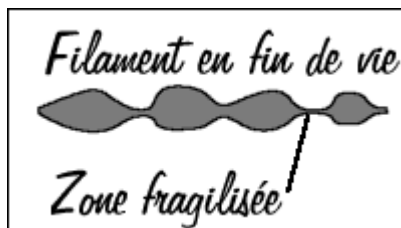
Le filament possède des zones froides, notamment au niveau des connections électriques. Les molécules de dihalogène ont tendance à réagir avec le tungstène en ces endroits, favorisant leur fragilisation. Aucune solution à ce problème n'a été trouvée à ce jour.

Le claquage d'une lampe halogène

Une lampe à incandescence n'a pas une durée de vie illimitée, elle peut varier entre 1000 et 2000 heures d'utilisation pour des modèles courants. Certaines lampes destinées à des usages bien précis ne durent que quelques dizaines d'heures (lampes pour projecteur de cinéma) ou au contraire près d'un millier d'heures (lampes pour signalisation routière).

Une lampe finit sa vie par un claquage à l'occasion duquel le filament se rompt.

Mécanisme du claquage



Lors de son utilisation, le tungstène du filament se sublime, ce qui signifie que porté à haute température il perd des atomes qui se retrouvent sous forme gazeuse dans le volume de l'ampoule. Son diamètre diminue donc progressivement. Il apparaît des zones fragilisées plus minces que le reste du filament.

Or, ces zones présentent une résistance électrique plus importante (la résistance augmente quand le diamètre du

fil conducteur diminue) et s'échauffent donc davantage. Comme leur température s'accroît, le phénomène de sublimation s'amplifie, elles s'amincissent de plus en plus jusqu'à la rupture. La rupture du filament a souvent lieu lors de l'allumage de la lampe.

Claquage à l'allumage

Le tungstène, comme tous les métaux a une résistance plus faible à froid qu'à chaud. Cet état de fait se traduit par une surintensité lors de l'allumage de l'ampoule. L'intensité du courant peut alors atteindre 10 fois sa valeur normale pendant une durée très brève (couramment 1/6 de seconde).

Pendant cet intervalle, alors que la plus grande partie du filament s'échauffe progressivement, les zones les plus minces sont portées à des températures les plus élevées. Les zones fragilisées du filament peuvent alors se rompre, c'est le claquage. Ceci explique pourquoi les lampes claquent de préférence lors de l'allumage.

Allumage progressif

L'allumage progressif d'une lampe, en utilisant un variateur par exemple, permet de limiter les conséquences de cette phase critique en réduisant l'intensité du courant circulant dans le filament. Une lampe équipée d'un variateur a donc une espérance de vie plus longue qu'une autre alimentée directement par le secteur.

Bruno Brolis

<http://perso.id-net.fr/~brolis/docs/incand/incand.html>