



# Les solutions contre la buée

L'ennemi de l'observation astronomique avec le froid, c'est la buée !

## *Sommaire :*

- *Que faire contre la buée ?*
- *Rappel sur le point de rosée*
- *Calculs*
- *Que se passe t-il dans mon télescope ?*
- *Réalisations pratiques*

## Que faire contre la buée ?

Pour lutter contre le dépôt de la buée sur nos optiques il y a deux solutions possibles.

Poser un pare buée à l'entrée du tube de manière à éviter le dépôt de rosée sur la lame ou l'objectif.



Installer une résistance chauffante au niveau de la lame de fermeture de façon à empêcher ainsi la formation de rosée en augmentant la température localement .



Utiliser ces deux solutions ensemble est une excellente idée mais sous certaines conditions !

Nous le verrons plus loin.

## Qu'est-ce que le point de rosée ?

- Le point de rosée de l'air est la température à laquelle, tout en gardant inchangées les conditions barométriques courantes, l'air devient saturé de vapeur d'eau.
- Elle peut aussi être définie comme la température à laquelle la pression de vapeur serait égale à la pression de vapeur saturante.
- C'est le phénomène de condensation, qui survient lorsque le point de rosée est atteint, qui crée les nuages, la brume et la rosée en météorologie.
- La condensation atteint de la même manière les parois des bâtiments, les vitres et bien sûr nos lentilles de lunette les lames de Schmidt et autres miroirs de nos télescopes.
- C'est la capacité hygrométrique qui détermine les phénomènes de saturation. Lorsque la température augmente, la capacité hygrométrique augmente, et ce inversement. Plus il fait froid, moins l'air sera saturé d'humidité.

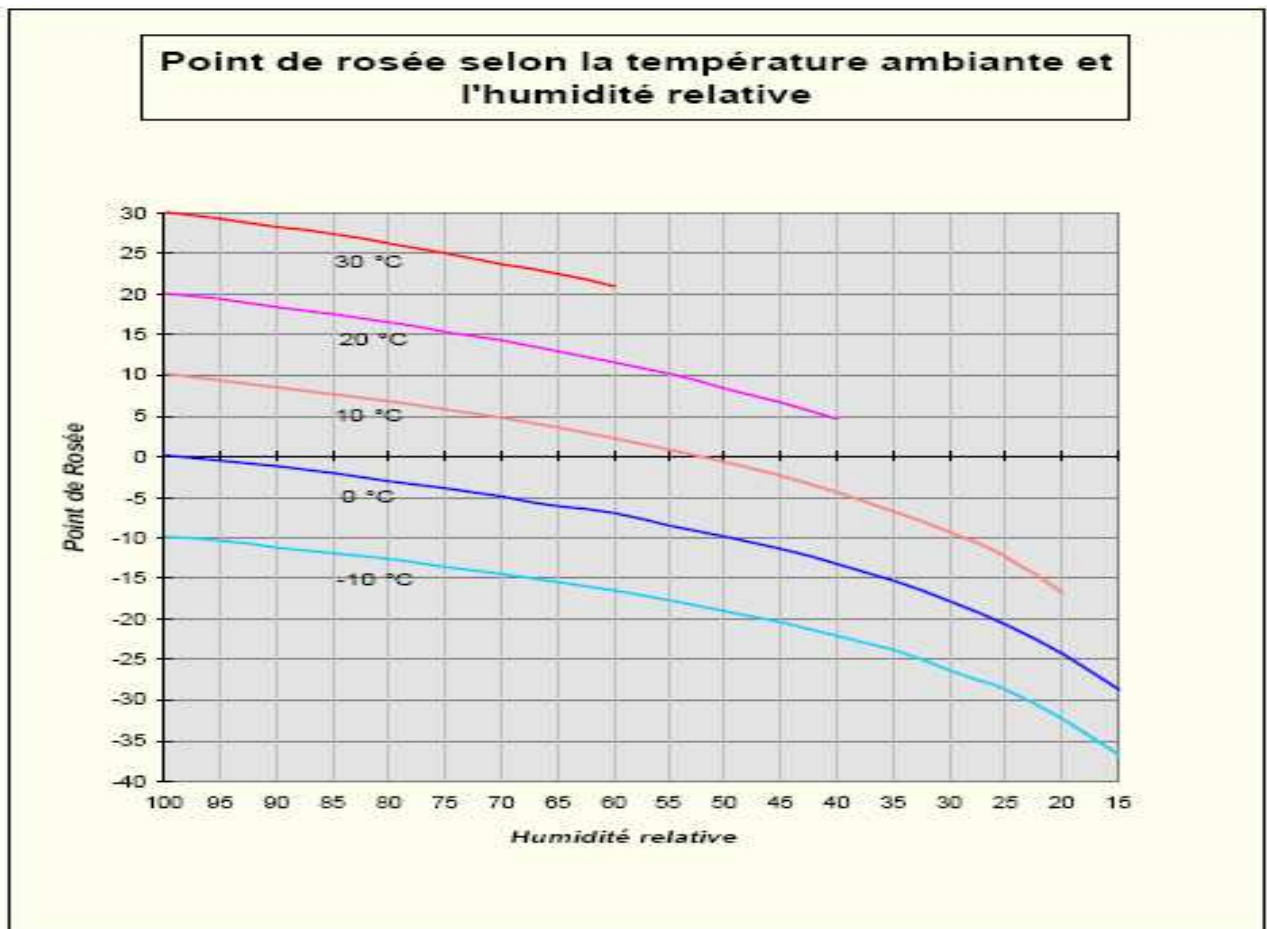
## Calcul de la valeur de la température du point de rosée.

$$T_d = \sqrt[8]{\frac{H}{100} \cdot [112 + (0,9 \cdot T)] + (0,1 \cdot T) - 112}$$

Avec :

- $T_d$  point de rosée en °C
- $T$  température en °C
- $H$  Humidité relative en %
- Attention notez bien la racine huitième !

Tableau de valeurs extrait de l'exposé de Jean Pierre Maratrey sur la buée.



## Que ce passe t-il dans mon télescope ?

Votre télescope bien au chaud dans la maison est à l'équilibre thermique. Toutes les pièces, tube, miroir, lame sont à la même température. Une fois mis dehors les choses se gâtent. Le télescope va commencer à se refroidir, pas partout à la même vitesse, jusqu'à de nouveau trouver un équilibre thermique. Cela peut prendre plusieurs heures pour certains modèles ! Pendant ce temps là les performances optiques sont loin d'être optimales. La turbulence interne et externe nuit fortement à la qualité des images en les déformants. Le phénomène est le même que le soleil d'été chauffant le goudron des routes et faisant « danser » les images.

## Rôle du pare buée et conditions de formation de la buée.

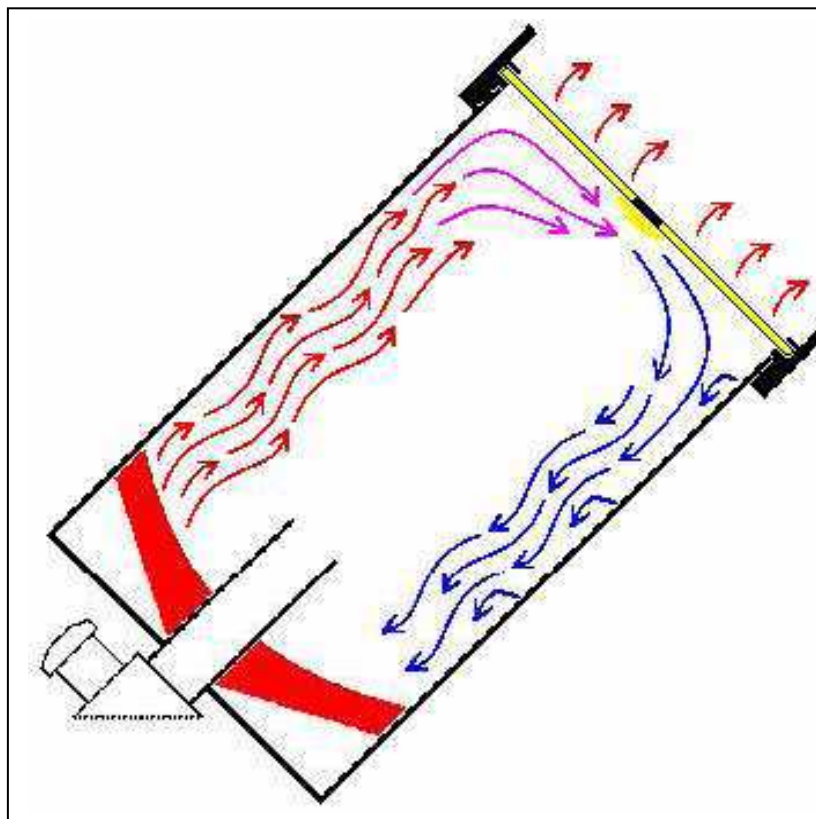
- Un pare buée est bénéfique parce qu'il réduit la surface du ciel de nuit qui absorbe la chaleur de la lame correctrice.
- Les lois de la thermodynamique nous indiquent que les objets chauds cèdent leur calories à ceux qui sont froids. Ceci signifie que le télescope (chaud) abandonne sa chaleur à l'espace (froid). Le tube en métal du télescope lui aussi est également affecté par le rayonnement se refroidissant rapidement parce qu'il a une grande surface exposée à l'air et une faible résistance thermique (bon échange). C'est pourquoi la buée apparaît en premier sur le tube. ( Cf exposé de Jean-Pierre Maratrey sur la buée pour les détails)

## Les mouvements d'air dans le tube.

Ce dessin représente un Schmidt-Cassegrain en phase de refroidissement.

C'est le pire des cas où l'on sort le tube de la maison par exemple.

Les courants d'air sont figurés en rouge (montant) pour le chaud et bleu (descendant) pour le froid.



Le tube généralement métallique se refroidit rapidement du fait de sa surface de contact avec l'air ambiant. L'air à l'intérieur du tube est refroidi par la surface interne du tube et « tombe » vers le bas attirant ainsi celui qui est en haut.

Le mouvement se déclenche ! Le miroir primaire est maintenant entouré par cet air froid et échange sa chaleur, chauffant l'air et le rendant plus léger. Devenu plus chaud l'air remonte alors (les flèches rouges) et chauffe la lame correctrice empêchant la formation de la buée.

Ces « courants de tube » aident ainsi au refroidissement du miroir primaire et chauffent la lame correctrice, mais ils brouillent également fortement les images. Le système se stabilise au fil du temps, les courants de tube se réduisent (peu de flèches) et la turbulence se stabilise.

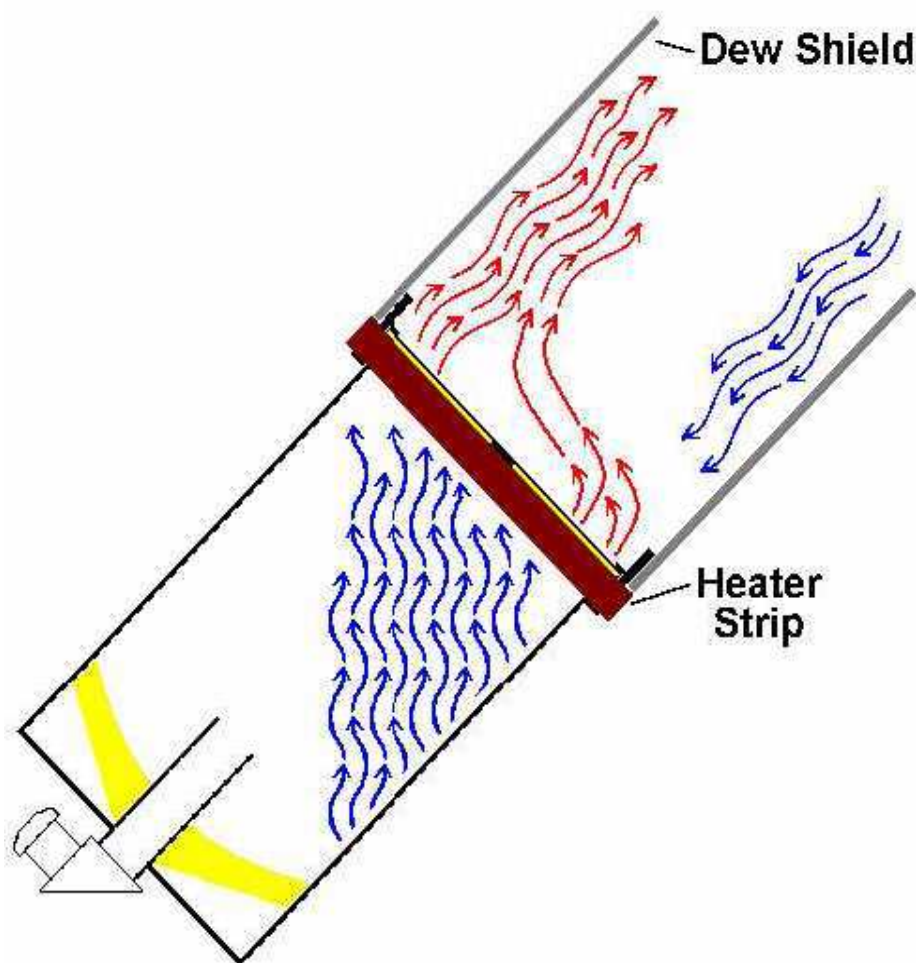
Malheureusement le tube du télescope ne reste pas à cette température idéale mais refroidit encore en raison du rayonnement des corps chauds.

Salutaire au départ de la mise en température, le principe se retourne maintenant contre nous en refroidissant plus l'air interne du tube que l'air ambiant et la lame correctrice. Ainsi cette lame perd maintenant de la chaleur des deux côtés en interne par absorption et en externe par rayonnement. La formation de la buée est proche.

Le dessin suivant représente l'ensemble résistance chauffante + pare buée.

Ce montage peut paraître comme « la solution » contre la buée.

Ce n'est pas forcément vrai !



Sur le dessin nous voyons qu'un pare buée ainsi qu'une résistance chauffante sont installés sur le tube.

Montage parfait ?

Pour éviter la buée **oui** mais pour la qualité des images **non** !

Le problème vient fait que trop de chaleur est appliquée sur la lame ce qui génère des turbulences locales au dessus de celle-ci dégradants d'autant les images.(flèches rouges)

La chaleur est dissipée et gaspillée en partie à l'intérieur du pare buée.

De plus aucune chaleur n'entre à l'intérieur du tube pour contrecarrer le rayonnement.

Le système génère un mouvement d'air permanent.

Il est possible d'améliorer les résultats en diminuant

la puissance avec un variateur (voir plus loin) mais aussi en reculant la résistance vers le miroir.

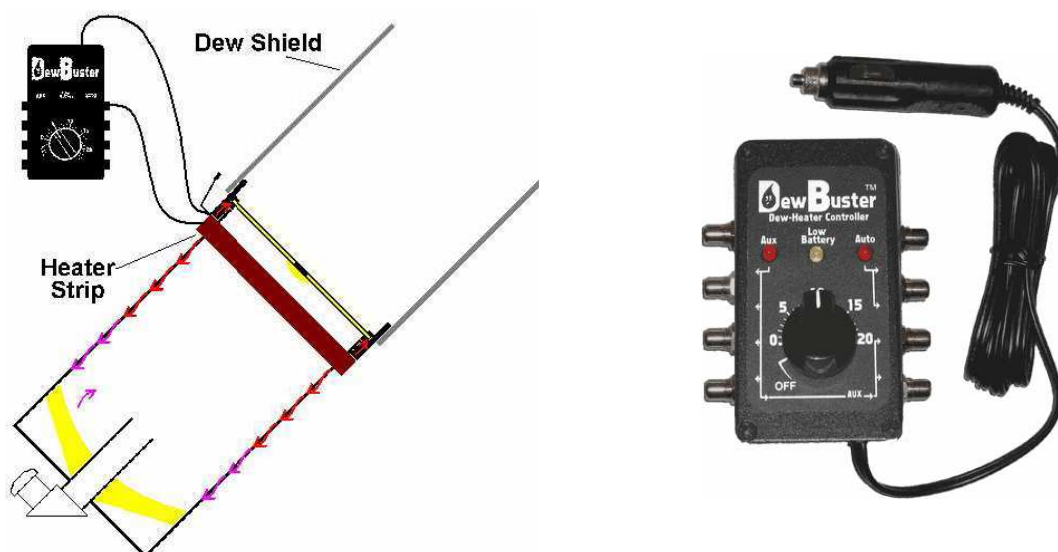
## *Juste la bonne température !*

La solution c'est d'avoir un contrôleur thermostatique et de reculer un peu la résistance. La mesure de la température est faite par deux capteurs : d'un côté à l'air ambiant et de l'autre au niveau du tube.

La résistance ne chauffe pas fortement le tube mais apporte juste le manque de température absorbée par le rayonnement pour éviter l'apparition de la buée.

Le delta de température est réglable et permet ainsi de s'adapter aux différents instruments. La turbulence interne est nettement inférieure au montage précédent.

La surface de la lame correctrice est suffisante pour réchauffer l'air contenu dans le pare buée sans créer des mouvements de convection importants.



## Les réalisations pratiques.

- Le pare buée
- La résistance chauffante
- Le variateur de puissance PWM
- Le contrôleur thermostatique

Le pare buée maison.

La fabrication d'un pare buée est simple et peu coûteuse. Au vu des désagréments dont il vous protège, quelques heures de bricolage valent vraiment le coup. En plus de la prévention de formation de rosée sur la lame correctrice, votre pare buée agira comme un baffle, c'est-à-dire qu'il protégera votre instrument contre les lumières parasites.

Cas du pare buée en mousse sur un SC.

Premièrement il faut décider de la longueur du pare buée. En consultant divers forums et sites Internet, il en ressort une longueur égale entre 1,5X et 2X le diamètre de l'objectif ou miroir de l'instrument, au delà il y a un risque de créer du vignetage.

Deuxièmement il faut définir le diamètre du pare buée. Dans le cas du tapis de sol en mousse, celui que l'on utilise en camping, il suffit de le rouler autour du tube jusqu'à obtenir la bonne dimension, ne pas oublier de laisser un peu de jeu, 1 ou 2mm.





## La résistance chauffante.

Nous avons vu qu'il suffit de réchauffer le pourtour de la lentille ou de la lame pour que sa température soit supérieure au point de rosée. La manière la plus simple est donc d'exploiter l'effet Joule qui fait élever la température d'un conducteur électrique si celui ci est parcouru par un courant. C'est le cas pour les résistances, on peut même calculer aisément la puissance dissipée par une résistance.

:

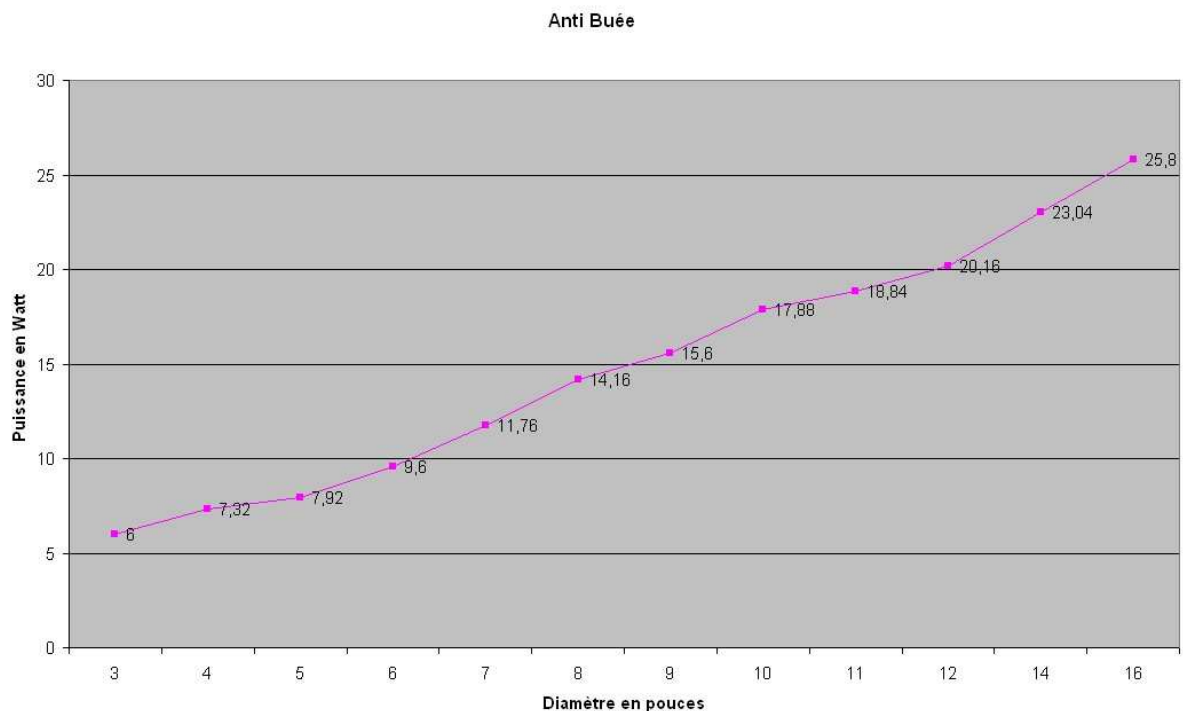
**$P = U^2 / R$  avec**

**$P$  : puissance dissipée en Watt**

**$U$  : tension au borne de la résistance en Volts.**

**$R$  : valeur de la résistance en Ohm**

Le tout est d'évaluer la puissance adaptée à l'instrument. En allant sur les sites web des constructeurs ( Kendrick, JMI, ou autres ) on peut en déduire les spécifications électriques. Il est possible ainsi établir des courbes comparatives des puissances à utiliser.



Une puissance ( en Watts ) comprise entre 1,5 et 2 fois le diamètre de l'instrument en pouces est suffisante dans bien des cas et largement suffisante. Le principe étant de garder un peu de puissance en réserve au cas où les soirées seraient vraiment très humides. Si une batterie de 12V est utilisée, il faudra faire une résistance d'environ 15 Ohms pour un 5 Pouces.

Dans ce cas en appliquant la formule précédente  $P=U^2/R$  on obtient :

$$12*12/15=9,6 \text{ W.}$$

Un moyen très économique est de la réaliser avec à du fil résistif. Facile à faire, mais le montage peut s'avérer fragile. Les moins bricoleurs pourront acheter une de ces fameuses résistances de marque mais le coût sera largement supérieur au modèle fait maison.

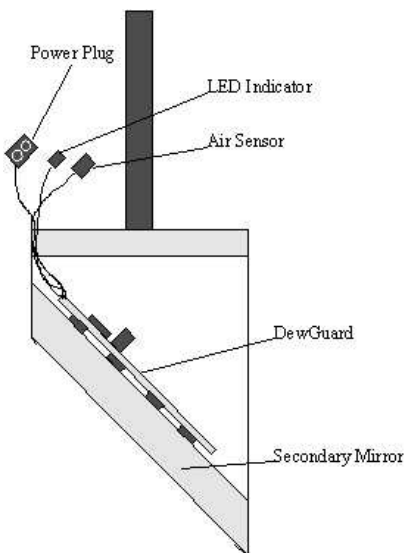
*Ne pas gaspiller l'énergie !*

L'utilisateur nomade sait que plus ses batteries tiendront longtemps, plus longue sera la nuit d'observation. Il apparaît donc qu'il ne faut pas vider sa batterie en chauffant trop et tout le temps.

Avec un montage électronique il est possible de laisser passer périodiquement pendant plus ou moins de temps le courant dans la résistance, le temps étant réglable par un potentiomètre qui permet d'avoir de 5% à 100% de la puissance.

## *Pour le type Newton*

Il existe aussi des résistances avec contrôleur de température intégré pour les miroirs secondaires des télescopes de type Newton.



## Fabrication d'une résistance chauffante.

Faire soi-même une résistance chauffante est assez simple.

Il y a deux méthodes : avec de petites résistances soudées ensemble pour atteindre la puissance voulue ou avec du fil résistif comme celui que l'on trouve dans les sèche-cheveux ou bien aussi les radiateurs électriques.



Fil résistif.

Mesurer d'abord une longueur connue de la résistance récupérée avec un ohmmètre. En fonction du diamètre du télescope et de la puissance à obtenir il faudra faire un ou plusieurs tours. Appliquer ensuite la loi d'Ohm et une simple règle de trois pour en déduire la longueur nécessaire.

**$P=U^2/R$** . P : puissance en Watts U : en Volts et R : Résistance en Ohms.

Exemple pour une résistance de 10 W et une batterie de 12V

Nous avons mesuré une valeur de 15 Ohms pour une longueur de 1m.

Donc :  **$10=(12*12)/R$**  ce qui donne  **$(12*12)/10=R$**  soit 14,4 Ohms.

La longueur nécessaire sera de  **$(1/15)*14,4 = 0,96$  m.**

# Quel contrôleur de résistance chauffante utiliser ?

**Le variateur de puissance**

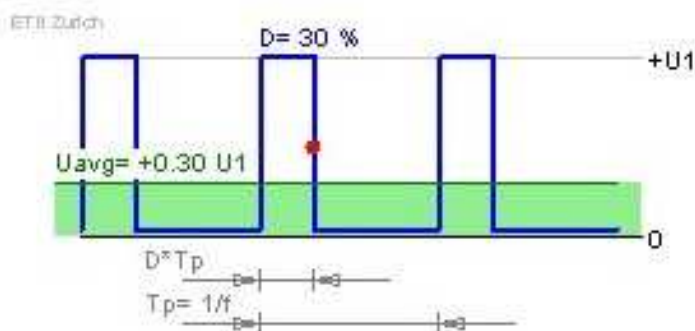
**Le contrôleur avec asservissement de température**

Le variateur de puissance avec contrôle de type PWM.

- Il existe dans le commerce pour un prix d'environ 90 € des boîtiers permettant le réglage de la puissance fournie à la résistance.
- Toutefois ceux-ci ne mesurent pas la température de la résistance.
- Leur principe es basé sur la variation du rapport cyclique du signal alimentant la résistance chauffante.



Maîtriser le temps de chauffe, c'est économiser l'énergie fournie par la batterie !

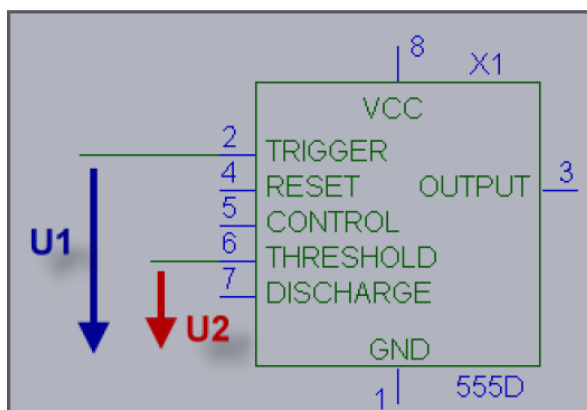
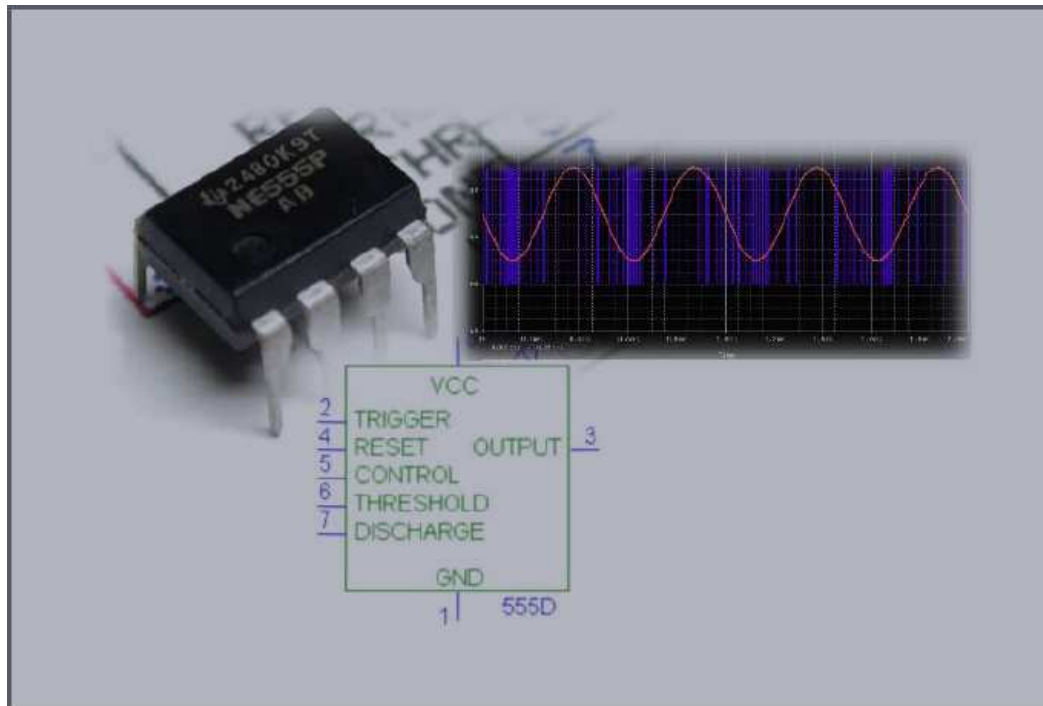


Dans le cas d'un contrôleur avec réglage de la chaleur par modulation de la largeur d'impulsions autrement dit par variation du rapport cyclique (PWM Pulse Width Modulation), la tension moyenne donc la puissance fournie à la résistance chauffante est proportionnelle au temps où est appliqué le 12 volt aux bornes de celle-ci.

Dans notre exemple, pendant 30% du temps le 12V est appliqué.  
 $U_{avg} = 0,30 * U_1$  ( $U_{avg}$ =Tension moyenne) soit un tiers de la tension maxi donc la puissance fournie sera neuf fois plus petite que celle maximum. ( $P = U^2/R$ )

## Etude d'un variateur

- L'utilisation d'un circuit intégré très courant le 555 facilite énormément la réalisation de ce variateur.



Le circuit est composé de deux comparateurs de tension et d'une bascule de type R/S (Reset / Set ) agissant sur la sortie. Il y a aussi deux tensions de référence une à 1/3 et l'autre à 2/3 de la tension d'alimentation ( $U_b$ ) .

Entrée	Sortie
$U_1 \leq \frac{1}{3}U_b$	<b>„High“</b>
$U_2 \geq \frac{2}{3}U_b$	<b>„Low“</b>

Ce tableau indique l'état de la sortie en fonction des niveaux des entrées.

Lorsque  $U_1$  est inférieure ou égale à la référence  $\frac{1}{3}$  de  $U_b$  la sortie passe à l'état haut (+12v)

Lorsque  $U_2$  est supérieure ou égale à la référence  $\frac{2}{3}$  de  $U_b$  la sortie passe à l'état bas (0v)

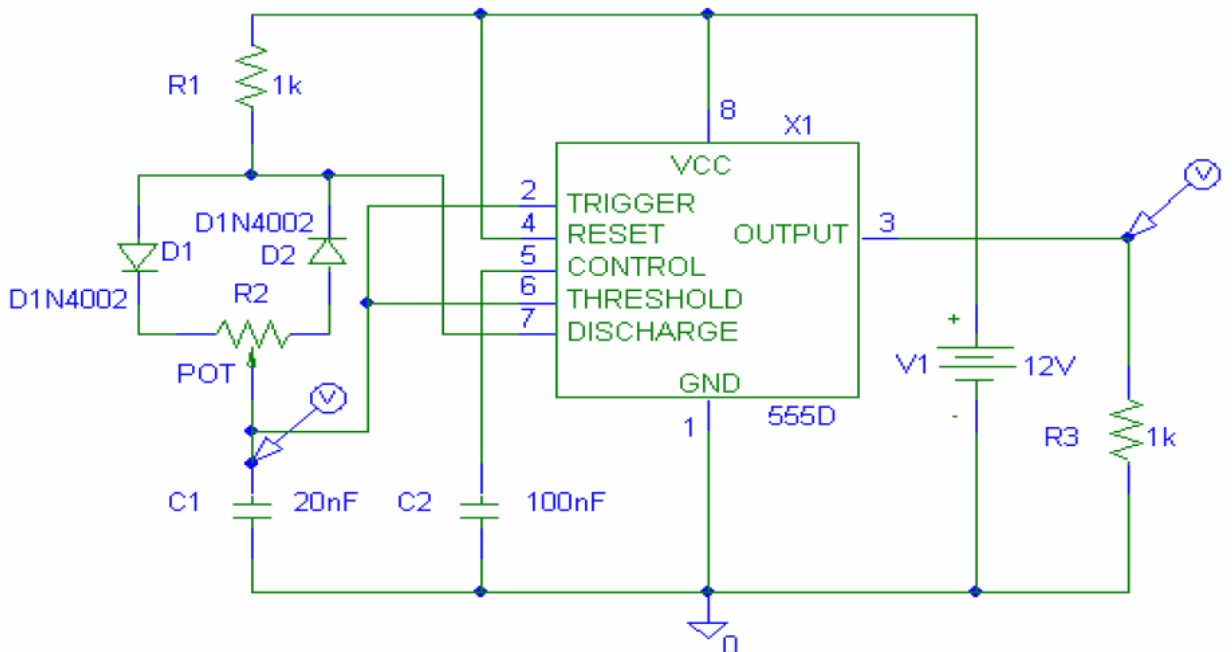
## Fonctionnement en mode « Astable » ou générateur.

$$t_1 \text{ (OUTPUT HIGH)} = 0.67 R_A C$$

$$t_2 \text{ (OUTPUT ILOW)} = 0.67 R_B C$$

$$T = t_1 + t_2 \text{ (TOTAL PERIOD)}$$

$$f = \frac{1}{T}$$



Ce circuit génère des signaux non symétriques.

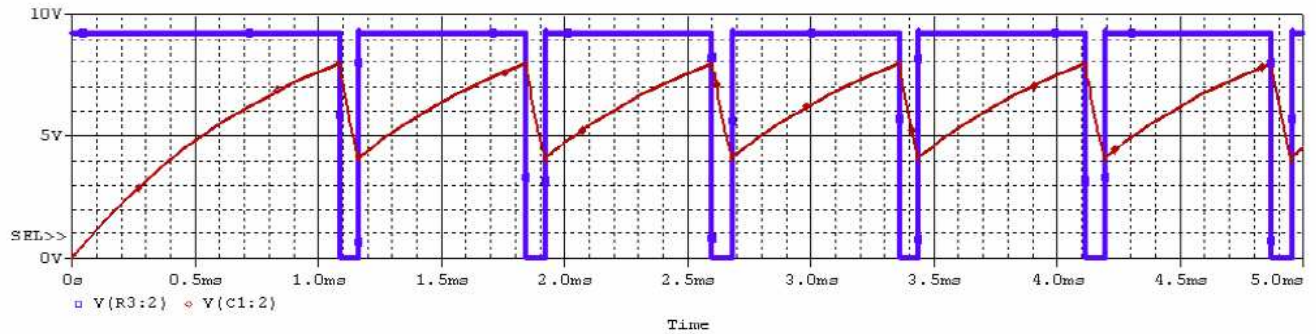
La fréquence est fixe, mais le rapport cyclique est réglable par le potentiomètre.



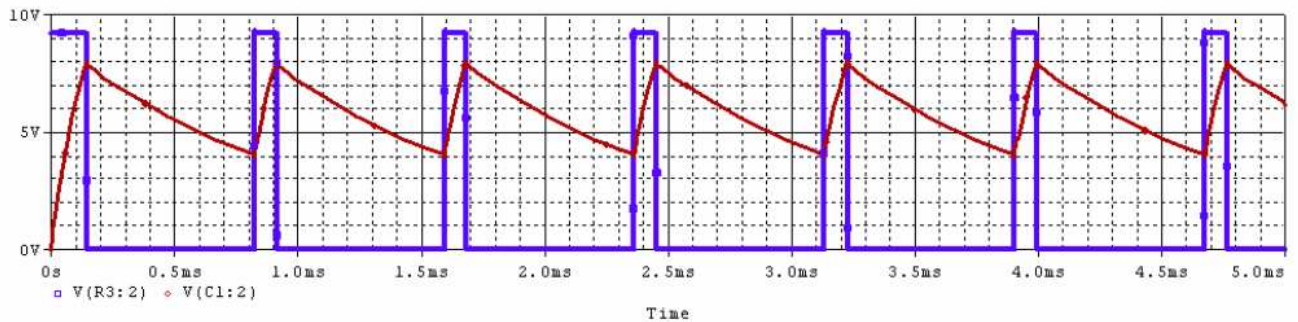
En bleu signal patte Sortie (3)

En rouge signal sur les pattes (Déclenchement) Trigger (2) et (Seuil) Threshold (7).

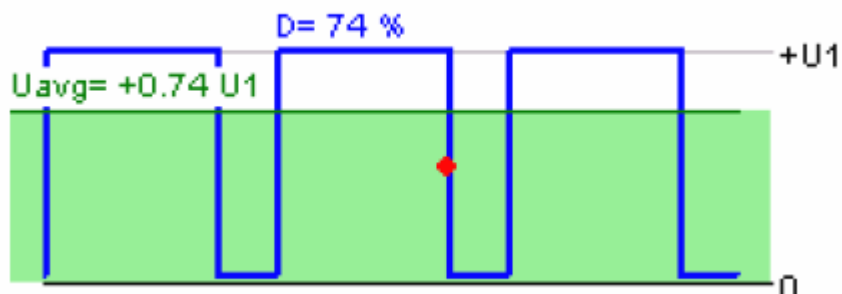
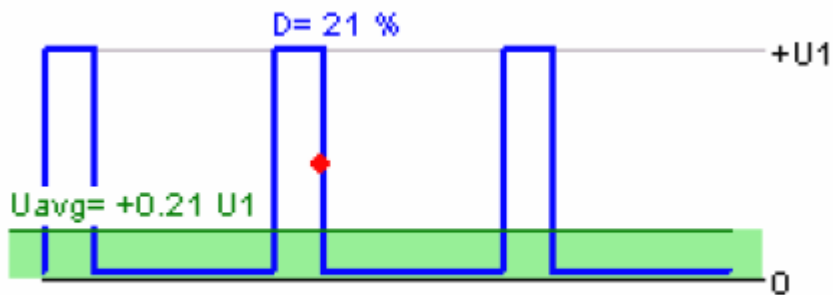
Potentiomètre réglé pour rapport =0,1



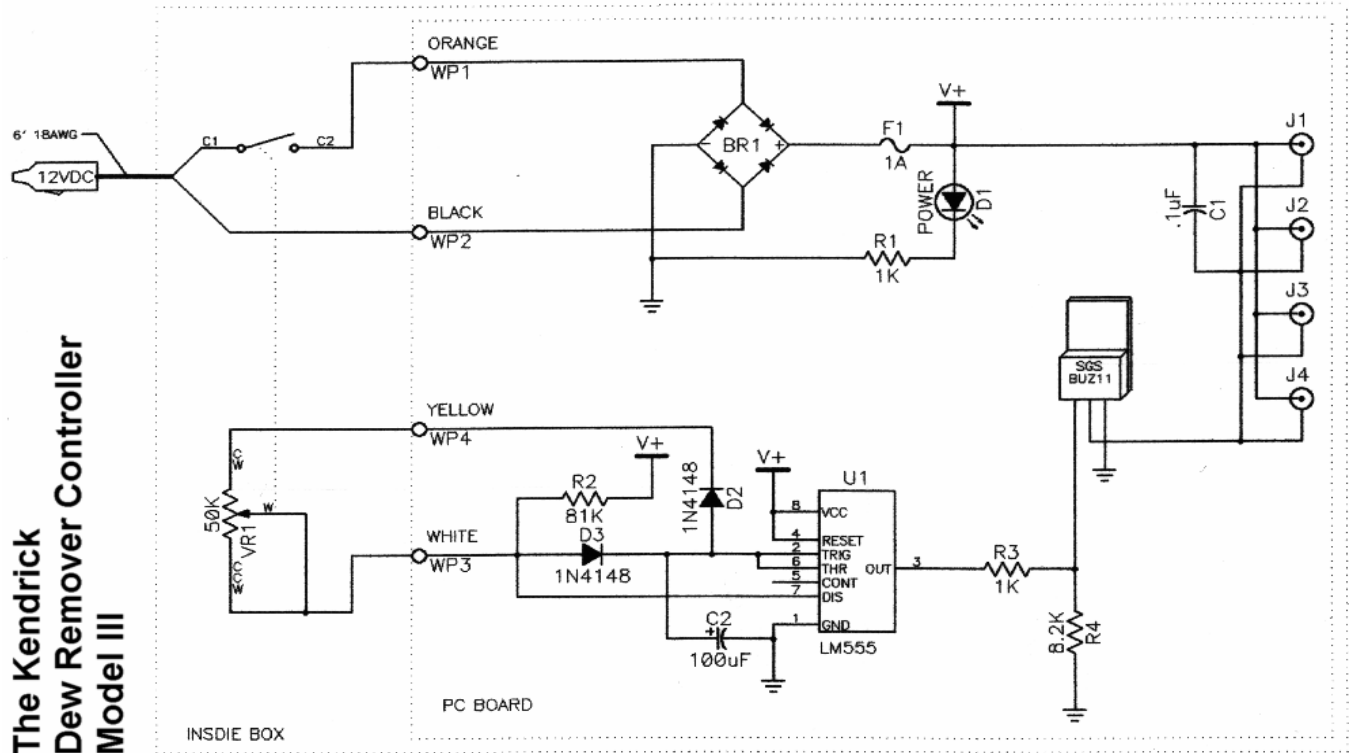
Potentiomètre réglé pour rapport =0,9



Signal de sortie



Le schéma complet

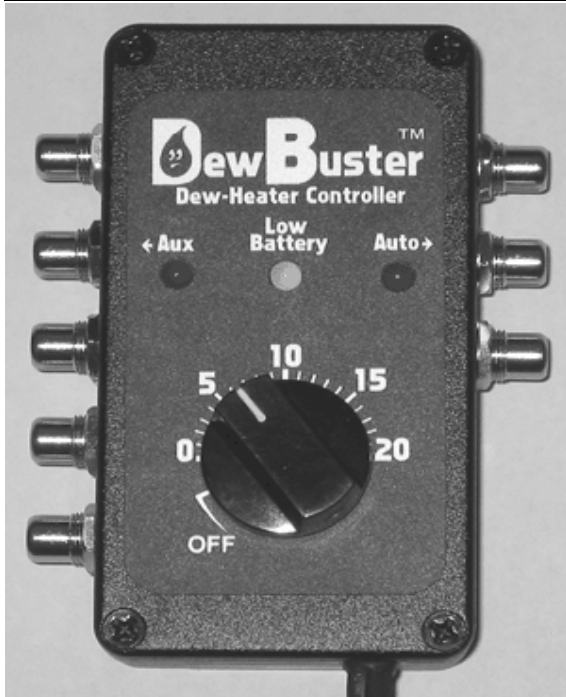


Aperçu du variateur.





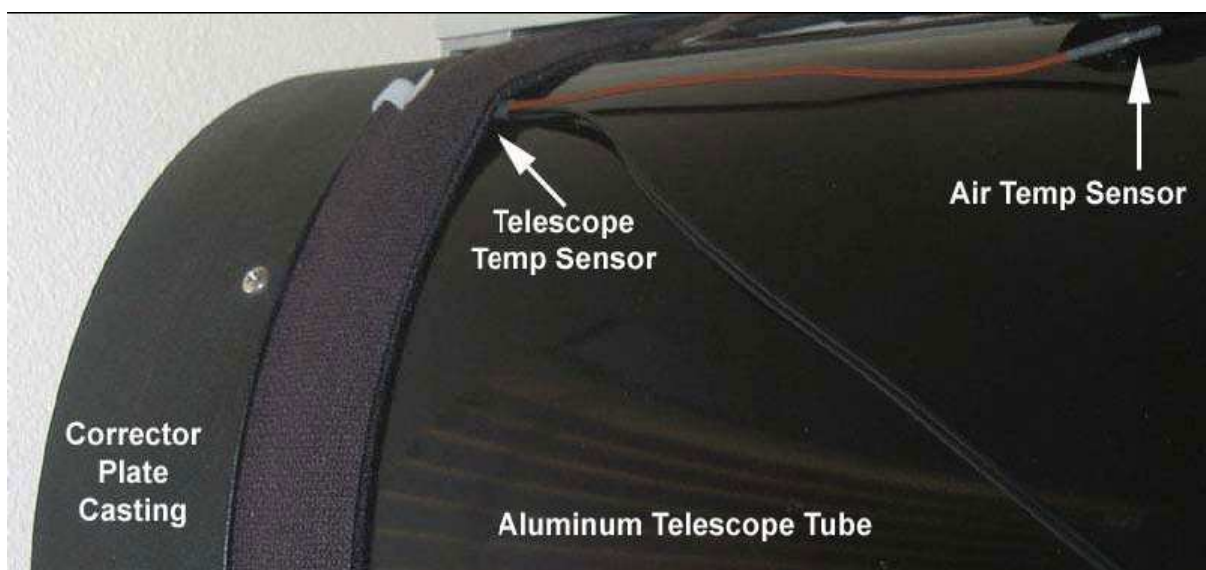
## Le modèle avec contrôle de la température.



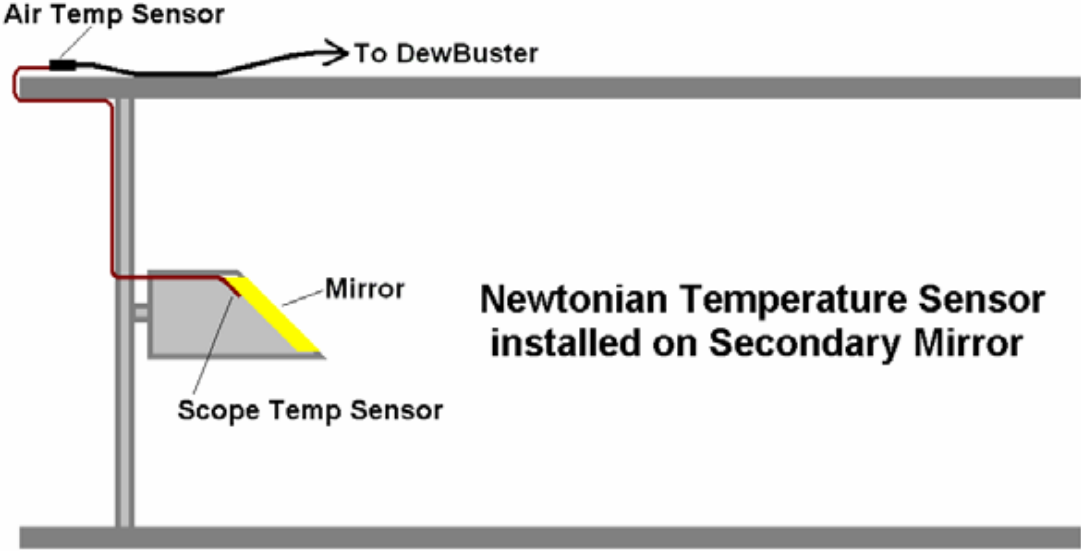
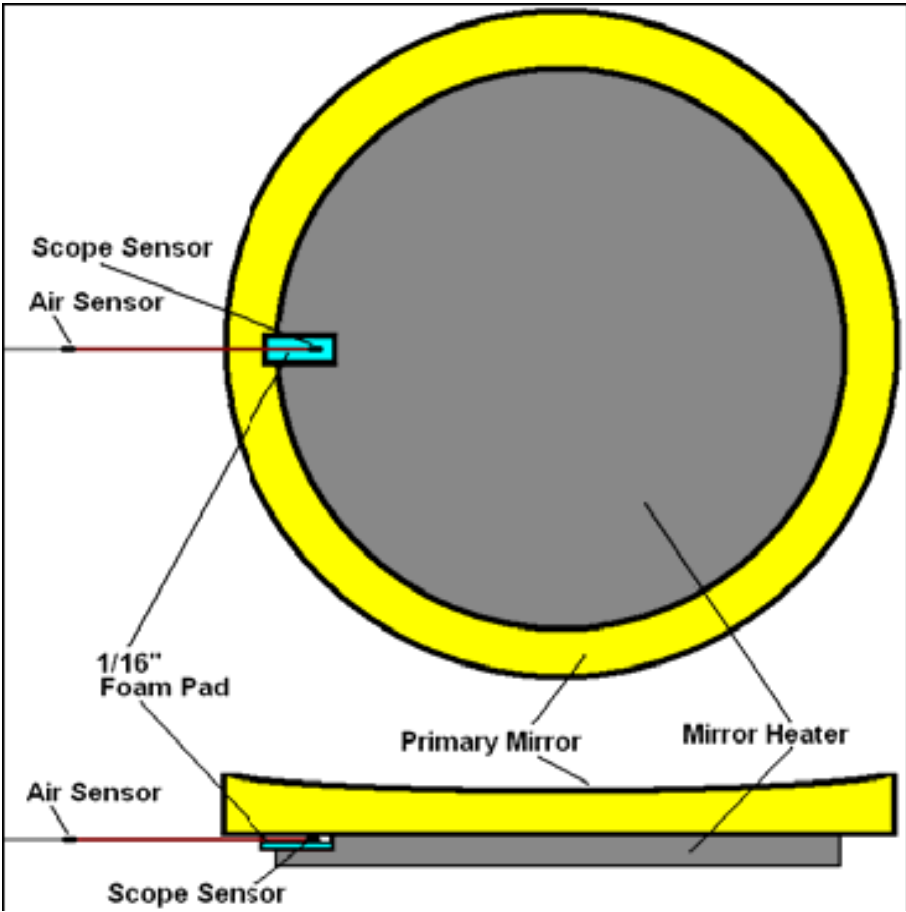
Ce modèle diffère du précédent de par la possibilité de régler le delta entre la température de l'air ambiant et celle de la résistance chauffante plaquée sur le tube du télescope grâce à deux sondes.

- Nous avons vu précédemment qu'il suffit de garder la lame et le tube légèrement plus chaud que la  $T^\circ$  extérieure pour éviter la formation de la buée.
- C'est un système avec bouclage de l'information de  $T^\circ$ .
- Le circuit possède deux sondes de température. Une qui mesure la température ambiante placée loin de la résistance chauffante et l'autre en contact thermique avec le tube. Un circuit électronique assure la gestion de l'alimentation de la résistance chauffante en gardant aussi constant que possible le différentiel. Ce delta  $T^\circ$  peut être ajusté en fonction des éléments pour que le résultat soit optimum.

Exemple de montage sur un SC.



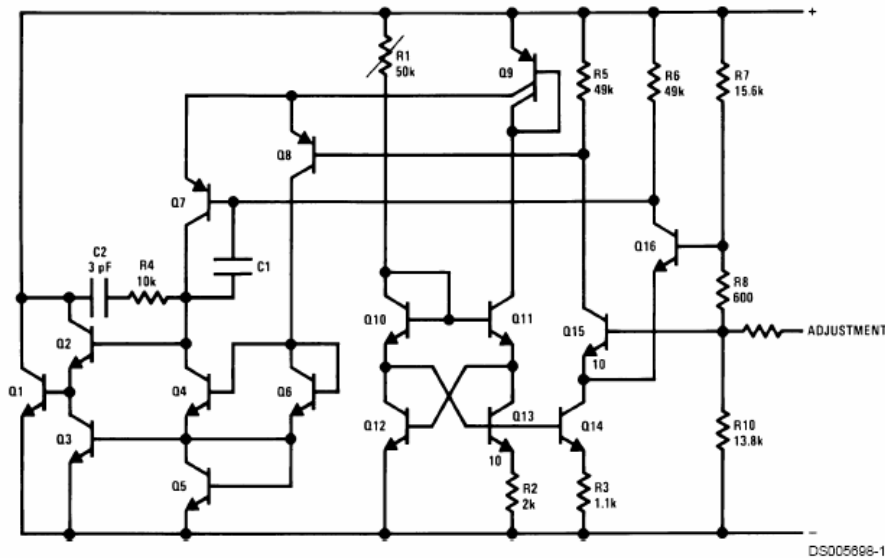
Il existe aussi des modèles de capteur pour les Newtons.



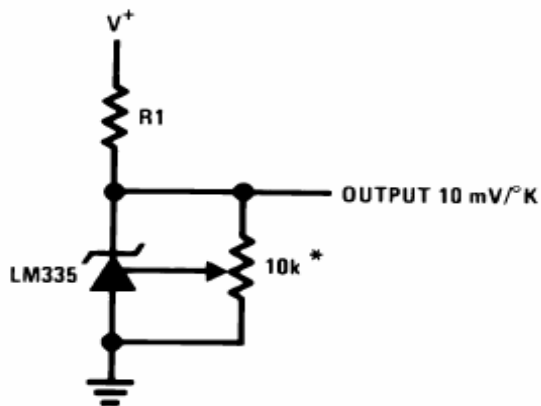
## Les capteurs de température.

Ces capteurs sont des circuits intégrés comportant plusieurs transistors et résistances. Une fois calibrés leur sortie varie de 10mV/kelvin .

Il est donc nécessaire d'ajouter d'autres composants passifs (résistances, condensateur, ...) et actifs (ampli comparateur, transistor de puissance) pour élaborer un système complet avec asservissement sur la température capable de piloter une résistance chauffante de puissance.

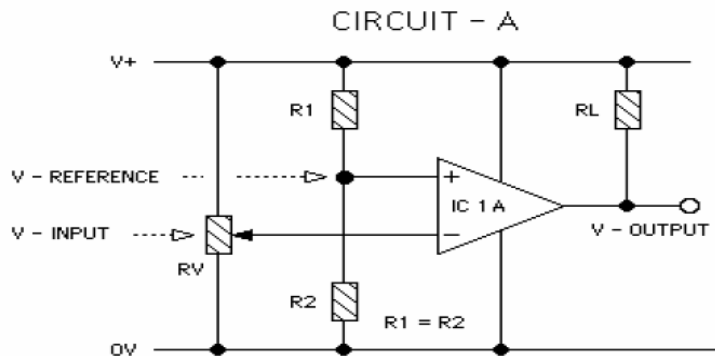


### Calibrated Sensor

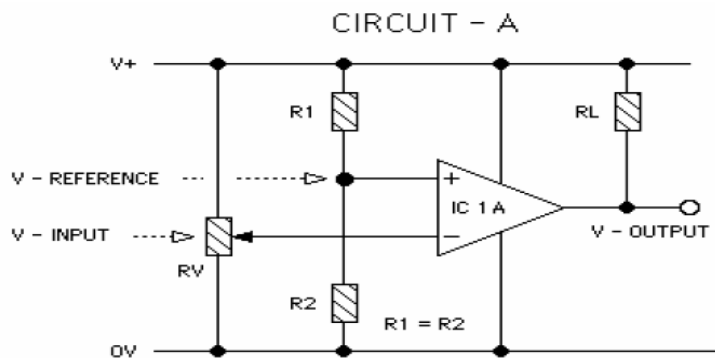
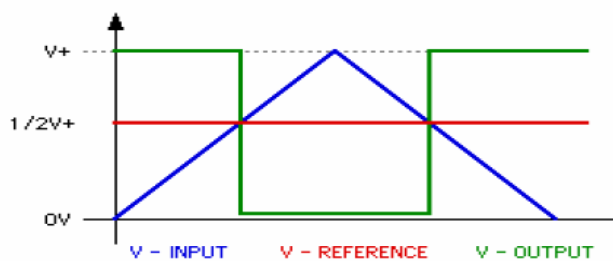


\*Calibrate for 2.982V at 25°C

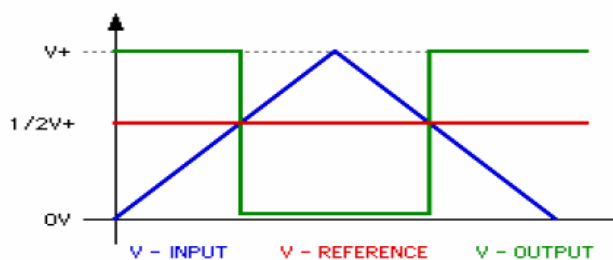
# Principe du comparateur de tension



Dès que la tension appliquée sur la patte (-) est supérieure à la référence (+), la sortie bascule et passe de l'état haut ( $V+$ ) à l'état bas ( $0V$ )



Dès que la tension appliquée sur la patte (-) est inférieure à la référence (+), la sortie bascule et passe de l'état haut ( $V+$ ) à l'état bas ( $0V$ )

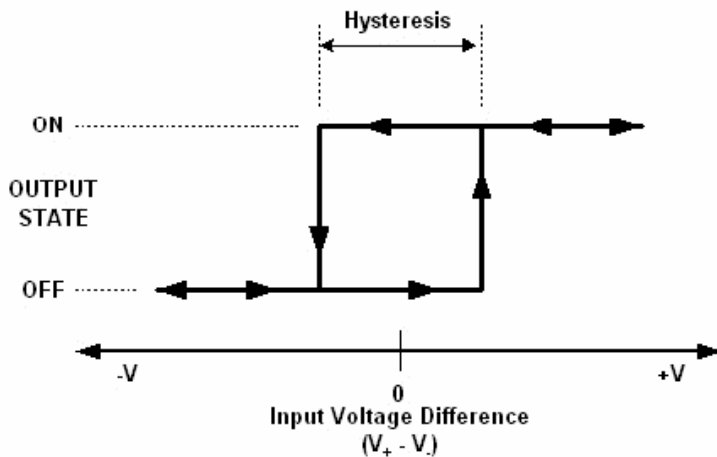


# L'hystérésis

**hystérésis** [isterezis] *nom féminin* (grec *husterêsis*, retard)

Retard dans l'évolution d'un phénomène physique par rapport à un autre dont il dépend.

(c) Larousse.



Le but est d'éviter les phénomènes de battements liés au basculement autour de la tension de référence.

En injectant une partie du signal de sortie la référence « suit » légèrement les variations dans le même sens.

Ceci décale la tension de référence et oblige donc d'avoir une variation assez importante de l'entrée pour qu'elle soit prise en compte.

## Schéma avec hystérésis.

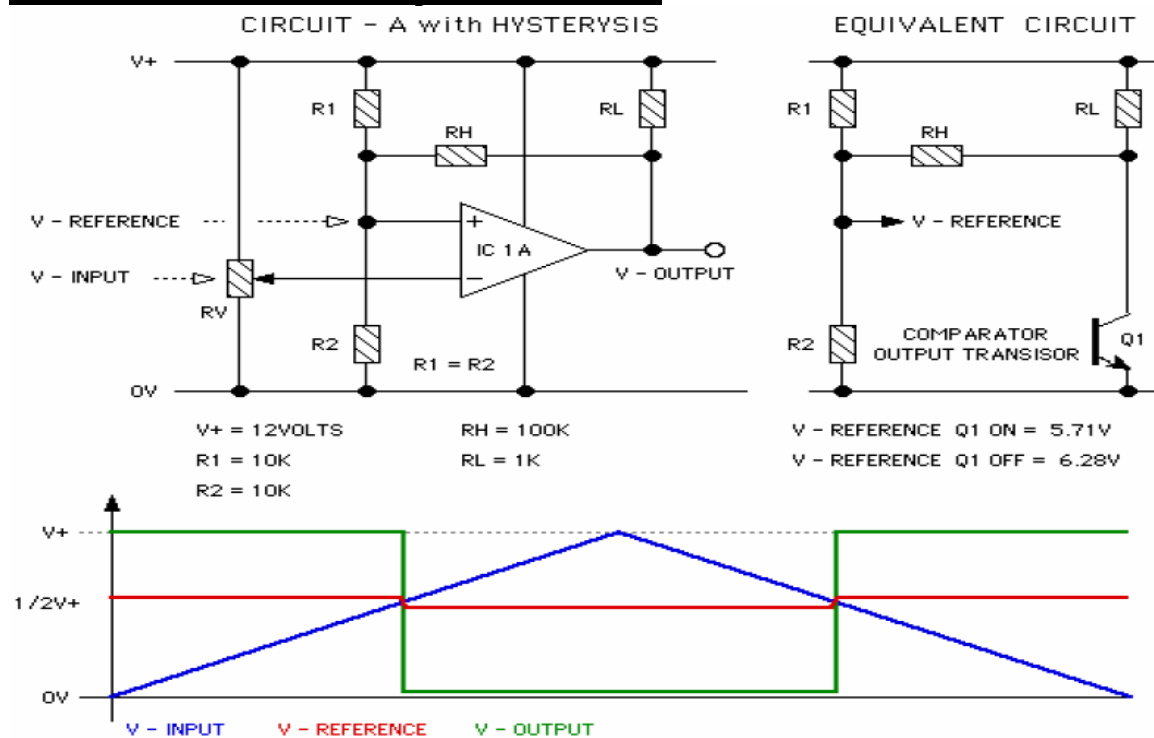
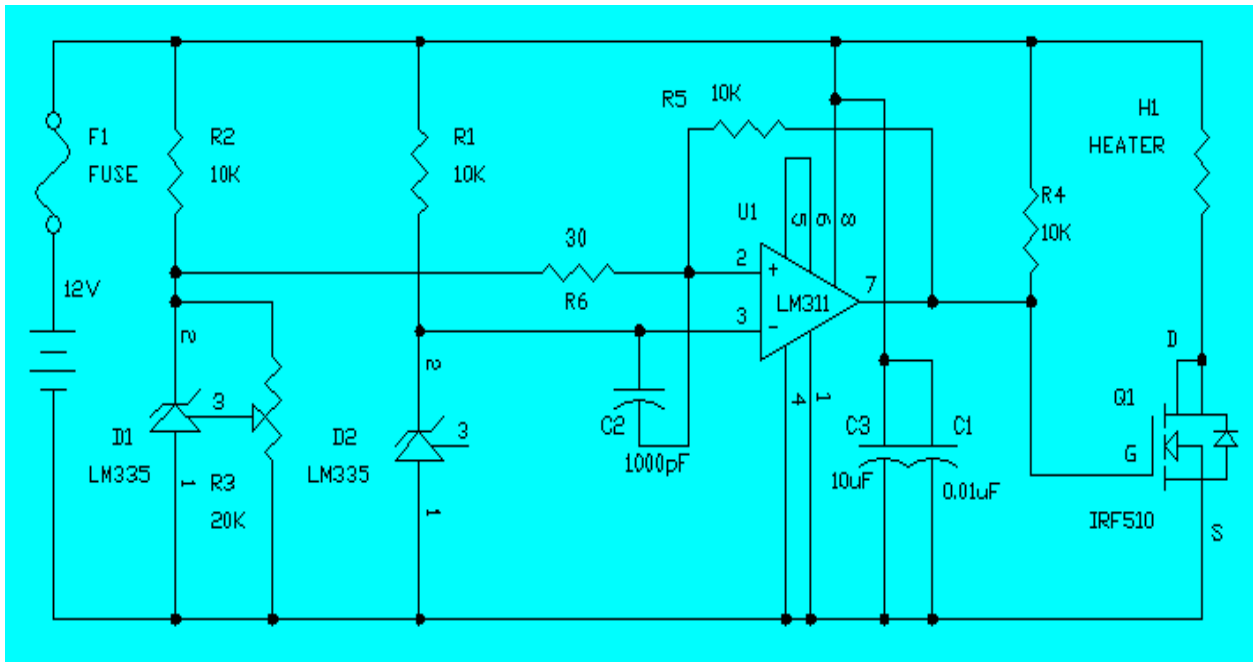


Schéma complet du système avec contrôle de température.



Le capteur D1 est celui qui est en contact avec l'air ambiant et D2 celui qui est placé en contact thermique avec le tube et la résistance.

## Conclusion.

La réalisation d'un système mécanique tel que le pare buée ou électronique comme une résistance chauffante est à la portée de beaucoup d'astronomes amateurs. Les résultats obtenus sont spectaculaires par rapport à l'investissement.

Le contrôleur idéal est un mélange des deux le PWM et le thermostatique.

Moralité : essayez !