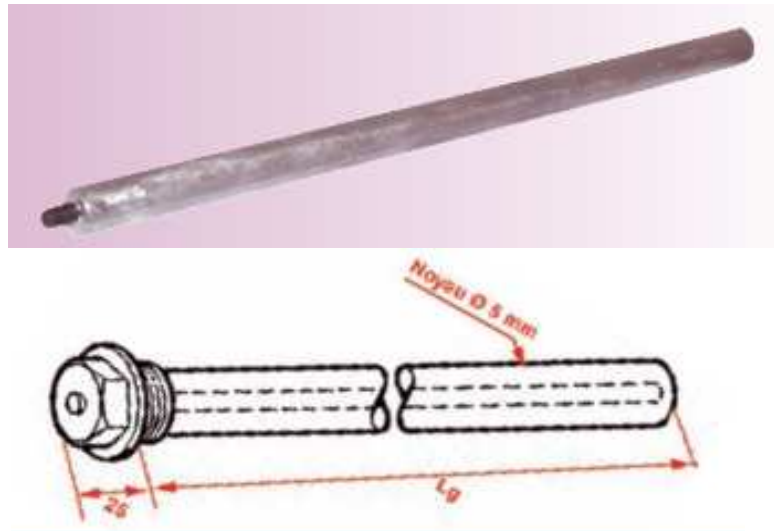
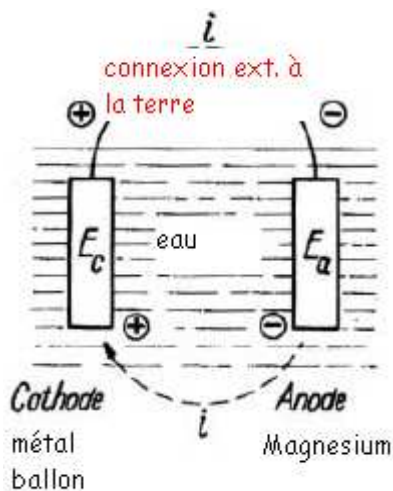


## ANODE EN MAGNESIUM:

### 1) PRINCIPE:



C'est comme une pile en court-circuit.

Les ions positif  $Mg^{++}$  du magnésium circulent en utilisant le fluide (eau douce ici) comme un conducteur électrique et se fixent sur les zones métalliques du ballon (dégarnies d'émail) soumis à la corrosion. **Il est donc primordiale que l'anode soit branchée, côté extérieur, sur le métal du ballon** (via sa tige filetée ou son écrou) afin d'établir un [court] circuit électrique.

Le débit de courant (consommation de Mg) est lié à la résistance de l'eau: c'est à dire à la conduction de l'eau (lié au taux de calcaire- voir 4) et à la distance au métal (ci-dessous).

*extrait wikipedia*

*Si la pièce est de grande dimension, il faut cependant tenir compte d'une déperdition de protection liée à la chute ohmique. Celle-ci est provoquée par la résistance au passage du courant dans le milieu environnant, et elle augmente avec la distance du point de la pièce protégée au contact avec l'anode sacrificielle. Au-delà d'une certaine distance, qui dépend de la conductivité du milieu, la pièce n'est plus protégée. Il faut donc positionner les anodes à distance régulière de manière à ce que tout point se situe en dessous du potentiel où le métal peut de corroder.*

C'est à dire dans l'axe du ballon et avec une longueur plutôt plus grande pour les ballons solaires généralement plus allongés que les ballons classiques. (Les anodes courtes montées par le travers seraient donc à proscrire ?)

- par exemple pour un ballon 200 L type Giodarno de 1,5 m de haut:  
anode  $L_g = 60\text{cm}$  diamètre = 32 mm

exemple de catalogue d'anode: voir lien en page 21

[http://www.rgs-diffusion.com/rgs/9\\_pieces\\_chauffeau\\_elec.pdf](http://www.rgs-diffusion.com/rgs/9_pieces_chauffeau_elec.pdf)

on en trouve en 1 m pas beaucoup plus chères = peut être mieux de surdimensionner ? mais ce n'est pas certain (risque de surprotection = voir 3)

Les fabricants **disent de la changer si son diamètre 10 mm est atteint en un seul point.**

L'anode contiendrait un noyau (acier) de 5 mm de diamètre (Mg autour)

On désigne le matériau de l'anode par AZ63 ou G-A6-Z3 car c'est en fait un alliage Mg 91% -Alu 6% - Zinc-3%. de densité 1,83 g/cm<sup>3</sup>.

Cet alliage est dit magnésium faible potentiel (**ne peut pas marcher dans l'eau distillée !**).

## 2) ASPECT MECANIQUE ET USURE

C'est un métal dur, fragile, inflammable.

**Ainsi si vous voulez la scier pour la mettre à la bonne dimension faite attention.**

De plus il a un coefficient d'élasticité faible en comparant aux autres métaux: c'est à dire qu'à contrainte identique il se déformera 5 fois plus que l'acier.

Dans le même ordre d'idée, sa limite de rupture serait atteinte plus rapidement donc une anode Mg qui se tord (comme on le voit dans les ballons à l'usage) peut se casser très vite (dans un délais inférieur à la périodicité de visite/détartrage de la cuve ).

### Pourquoi l'anode se déforme:

exemple photo d'anode de 5 ans peu usée (moins de 25 % en volume) mais déformée bien que très costaud (32 mm de diamètre à l'origine, L=56 cm), l'eau d'arrivée n'était pas filtrée anti-calcaire.



### Hypothèses:

effet de cycle en température: le manganèse extérieur se dilatant plus que son noyau (en acier), ceci combiné aux coef. d'élasticité différents entre Mg-AZ63 et Acier par millionième de degré: coef de dilatation 27 pour AZ63 et 10 pour l'acier longueur qui se tord est celle qui n'est pas raidie par le noyau (le noyau s'arrêterait ici vers 20 cm) l'usure n'est pas régulière sur le pourtour car l'axe du filetage de l'anode est généralement excentrée par rapport à l'axe du ballon (plus près d'un bord que de l'autre). une fois sa déformation débutée, elle ne peut que s'accroître dans le même sens. on aboutit alors à une casse car Mg se fissure = noyau métal atteint corrodé ou à un contact avec la paroi; on imagine que la force capable de tordre un noyau de fer de 5 mm de diamètre génère une attaque mécanique très forte sur les quelques mm de la paroi du ballon, d'autant plus que le Mg est un matériau dur « La glace fissure le rocher » (voir REX du 3). on notera que cela peut toucher l'échangeur cuivre haut (cas de ballon double échangeur).

### Périodicité de visite:

Une visite régulièrement espacée (type ts les 3 ans) n'est peut être pas toujours adaptée. En effet, l'usure risque de ne pas suivre une loi linéaire.- voir loi Masse selon D suivante et l'influence du calcaire en 4) = usure + rapide).

### **Idée: comment contrôler très souvent son anode filetée sans ouvrir le ballon ...**

*Jamais essayé en pratique mais à voir car la méthode est peu contraignante ...*

*C'est valable pour une anode filetée type M8 etc ... montée en haut, et qu'on ne peut pas démonter sans ouvrir la trappe.*

Car ouvrir la trappe de visite de son ballon est risqué : on n'a pas souvent de joint de bride neuf à remettre (réf constructeur inconnue des particuliers) et repositionner le joint usagé est délicat (serrer doucement et par rotation « triangulaire » les écrous ... sans garantie qu'on évite la micro-fuite ...)

Mode opératoire: sur une anode type filetée, fixée sur le haut par un écrou:

couper arrivée eau froide

ouvrir puis fermer un robinet eau chaude (pour équilibrer la pression)

dévisser à moitié l'écrou de l'anode et bouger la tige filetée pour la rendre libre de mouvement. De plus en laissant un espace de passage d'air on vidange plus vite si nécessaire. Il faut juste vidanger le nécessaire pour ne plus mouiller l'anode (en gros la moitié du ballon).

**ATTENTION NE PAS DEVISSER TOTALEMENT SINON ELLE TOMBE AU FOND**

A ce stade en tournant l'anode sur 360° on sent déjà si elle se bloque ou non: si oui= elle est suffisamment tordue pour risquer de toucher la paroi ou pour se casser prochainement.

Cette méthode marche d'autant mieux que l'anode est souvent légèrement excentrée par rapport à l'axe du ballon. On peut aussi noter la rotation de l'anode par un trait de peinture afin de la tourner régulièrement à chaque opération (ex. ts les 45°) ceci pour équilibrer son champ d'action électrique et son usure.

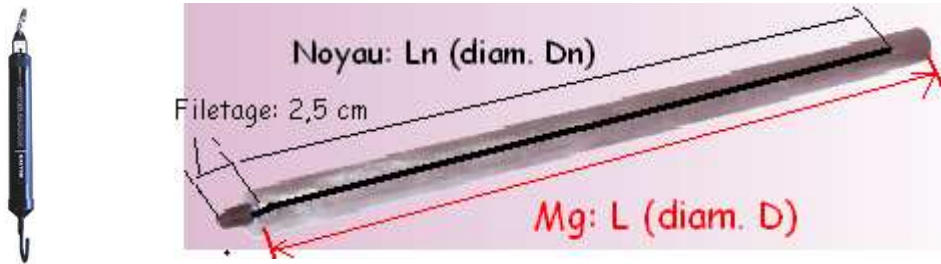
Peser l'anode:

-- exemple en relatif: par rapport à une date précédente (le mieux étant de la peser neuve).

En regardant l'allongement d'un élastique fixé sous l'écrou on peut comparer avec une mesure précédente (pour un élastique identique !). L'allongement est proportionnel au poids

Avec un peseur dynamomètre (exemple ci dessous à gauche: 20 €), vous pouvez mesurer la perte en Mg (ce qu'elle a consommée). **Il est ici possible de mettre en évidence une rupture d'anode** très dangereuse pour la survie du ballon à la corrosion (exemple allongement de l'élastique ou poids mesuré subitement (= dans un délais de moins de 6 mois), divisé par 2 ...).

-- exemple en absolu pour estimer l'autonomie avec un dynamomètre:



Le poids **P** en gramme est en théorie:

$$\frac{\pi}{4} \cdot [ 1,83 \cdot L_n \cdot (D^2 - D_n^2) + 1,83 \cdot (L - L_n) \cdot D^2 + 7,8 \cdot L_n \cdot D_n^2 ] \quad (\text{dimensions en cm})$$

L, Ln et D, Dn : longueurs et diamètres respectivement extérieur et du noyau

L resterait, si non cassé, la longueur neuve (maigrir via la diminution du diamètre de Mg)

L ou D neuf doivent être connus (voir notice fabricant ou catalogue d'anode).

- On prend Dn=0,5 et Ln= L (par défaut) – globalement ça prend en compte le filetage

Mieux, par une pesée à neuf en gramme, on ajuste le coefficient N ci dessous.

On arrive alors à **P = (1,4.D<sup>2</sup> + 1,2).L** par défaut ou de la forme (1,4.D<sup>2</sup> + N).L

**A vérifier ... la valeur par défaut est normalement bonne à 10% près.**

En prenant le diamètre minimale conseillé de 1 cm, on a Pmin = 2,6. L

Par exemple L=60 cm, Pmin est en dessous 200 g; on mesure P = 500 g : c'est OK

Si Dneuf était de 3 cm: Pneuf env. 850 g, on obtient qu'il reste 60 % de Mg avant la limite.

Bien entendu on ne voit pas les trous dans l'anode (si localement Dmin est atteint).

NB: Pour économiser l'eau on peut faire la manip sans vidanger, il faut alors ajouter

$\frac{\pi}{4} \cdot L \cdot D^2$  (poussé d'Archimède) à la valeur mesurée pour se conformer à la formule précédente.

- Reboulonner, remettre en eau, **NE PAS OUBLIER DE FIXER LE CABLE TERRE A L'ANODE**

### 3) ANODE TROP FORTE OU PRES DU METAL

Un potentiel électrique d'anode trop fort peut localement détériorer le revêtement du métal.

Serait-ce une explication d'un ballon corrodé prématurément au contact d'une anode, voir REX

suisant <http://forum.apper-solaire.org/viewtopic.php?t=358&highlight=corrosion>

Mais les explications par la force d'appui mécanique (voir 2) ou par la concentration de calcaire en zone confinée (voir 4) sont aussi plausibles.

#### 4) CALCAIRE = CORROSION MALGRE ANODE ou ANODE PLUS UTILISEE

Effet de température ballon: Voir conseil dans REX précédent:  
le calcaire précipite plus à 60°C qu'à 55°C

Confinement avec agglomération de calcaire = risque de corrosion ... même si l'anode est encore bonne:

- voir REX précédent (zone confinée était le contact anode tordue appuyant sur la paroi)

- autre REX de ballon cassé prématurément:

<http://www.commeunpro.com/forum/sutra48341.php>

on peut supposer dans ce cas que la zone confinée était située entre le joint plat de bride et le siège métallique au sommet du ballon recevant le joint.

En effet cette zone connaît des micro-infiltrations d'eau (autre preuve: la présence de calcaire incrustée que l'on voit sur les faces de contact des joints usagés: voir ci-dessous la photo d'un joint de ballon de même marque, joint âgé de 5 ans; les taches oranges sont peut être de la rouille ?)



On observe aussi du calcaire sous le siège métallique de la trappe de visite côté eau (lors du détartrage ne pas oublier de gratter avec le doigt cette face invisible de l'extérieur).

Pour ces deux REX l'erreur semble être qu'ils n'ont jamais visité et détartré leur cuve en plus de 5 ans.

**Autre effet lié au calcaire perturbant l'anode:** Une eau très calcaire offre moins de résistance qu'une eau peu minéralisée (d'après les abaques, 500 Ohm/cm contre 5000 Ohm/cm) donc est plus conductrice de courant; c'est donc un point positif qui équilibre le précédent car + **de calcaire** = + de corrosion par confinement = eau plus conductrice = débit anode plus fort = + **de protection par unité de temps = mais aussi anode qui s'use plus vite.**

Mais à contrario, ceci indiquerait aussi **qu'une eau trop adoucie ne permet plus à l'anode de fonctionner.** C'était évoqué dans le second REX précédent. Car l'alliage AZ63 peut n'avoir pas assez de potentiel électrique négatif pour marcher dans l'eau pure. Changer la taille ne changerait rien (on l'allonge mais la distance à la paroi reste la même donc la résistance du chemin via l'eau aussi).

#### 5) ASPECT SANTE: ????

Question: Utiliser l'eau chaude d'un ballon solaire pour cuisiner (pour économiser l'énergie de la

cuisinière) est ce dangereux ? (NON à priori voir ci dessous extraits)

extrait Wikipedia:

*La consommation excessive de magnésium est éliminée naturellement par l'organisme dans les urines. Le magnésium ne s'accumule donc pas.*

extrait Techniques de l'ingénieur M156 (4.1.1 caractéristiques anodes en magnésium)

En revanche, le magnésium est un des rares métaux qui ne présente aucune nocivité pour le milieu et peut même être considéré comme compatible alimentaire.

## 6) CONCLUSION:

Sans se prendre la tête, autant changé d'anode ts les 3 à 5 ans, on en trouve facilement (50 à 70 €) en se référant à la dimension la plus proche située juste au dessus. Pas de crainte d'incompatibilité à avoir, si elles sont en AZ63.

Et combiner l'opération à un détartrage très précis au moins tous les 3 ans (voir suite)

Sous réserve de trouver un joint de bride neuf. Pour la première visite par la trappe, faute de joint neuf, essayer de remettre l'usagé moyennant des précautions (ne pas le gratter, poncer au grain très fin le siège métal, revisser en équilibrant (visser à la main sans forcé en butée les écrous dans l'ordre 1,4,2,5,3,6 puis resserrer légèrement de nouveau même ordre, mettre en pression, si on entend une micro-fuite refaire une passe de serrage ...)

Si ça n'a pas marché (fuite constatée), il est possible que les joints d'autres marques de ballon classiques s'adaptent à des ballons solaires ce qui évitera de faire apppel à installateur Qualisol. (A essayer: on a rien à perdre à dépenser 15 € avart d'appeler le dépanneur Qualisol ....) exemple ci dessous:

à gauche joint ballon « G...o » 200 L      à droite joint de ballons classiques à 15-25 €



Dimensions	
intérieur	ext
Ø100	

Joint pour ARISTON - CORTINA - FLECK - LEMERCIER  
THERMAGLASS - ZAEGEL HELD  
- LUXGLASS - RÉGENT - RHEEM - STIEBEL ELTRON -

On peut aussi surveiller plus souvent l'anode ts les 6 mois à partir de 5 ans d'âge (garantie du ballon) par la méthode « sans ouverture de trappe » précédente, à moins que vous ayez une bonne réserve de joints neufs pour visiter par la trappe.

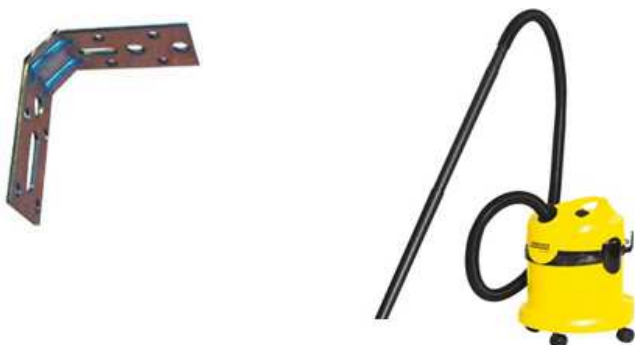
Tout cet entretien coûte environ 25 € par an (outilcompris) à comparer aux prix des systèmes anti-calcaire (min. 50 € + 30 € de cartouche ts les 6 mis...) ou au coût d'un ballon solaire remplacé trop tôt. A voir si cela permet de passer le seuil minimal (âge où le ballon devient rentable aux vues des économies réalisées), ce seuil étant toujours situé après la période de garantie 5 à 7 ans.

Il est de + en + possible que les fabricants optimisent leur ballon (épaisseur, métal plus pauvre, siège bride moins solide, anode sous-dimensionnée ...) pour aboutir à un taux de panne significatif juste après la garantie (méthode connue en électro-ménager).

## DETARTRAGE:

### 1) Outils indispensables pour faire l'opération par la trappe de visite

- Aspirateur air-liquide avec rallonge pour finir de vidanger puis pour aspirer les dépôts de calcaires tombés au fond après l'opération de « détachage » - 50 €
- Equerre fixée sur un tasseau ou un manche à balai de 1 m - 2 €: permet de tapoter doucement et détacher le calcaire des endroits inaccessibles, généralement confinés donc sources de corrosion (au fond, près des raccords et des supports serpentins) et entre les plies d'une résistance compacte montée au travers peu accessible où s'accumule + de calcaire (pour éviter de la démonter ...)



Contrôle visuel des zones inaccessibles:

avec camera USB qui peut être montée aussi sur le tasseau – 30 €

(jamais essayée mais elle a l'air adaptée: sinon utiliser un appareil photo position macro, déclenchement retardé, vissé sur l'équerre)



### CAMERA USB FLEXIBLE

*A l'aide de la poignée ergonomique et avec sa caméra très fine montée au bout d'une tige flexible, vous pouvez éclairer et filmer des endroits normalement inaccessibles. La LED située à côté de la caméra permet d'éclairer le champ de vision. Regardez le résultat en direct sur votre PC portable et enregistrez en cas de besoin. Capteur couleur haute définition CMOS: 640x480Pixel à 30 fps Focus: 6 cm à l'infini , Tête de caméra étanche Ø17mm , Col de cygne flexible 60cm*

### 2) Vinaigre: jamais essayé.

Pour le fond, on peut mettre une dizaine de litre de vinaigre blanc (ça coute pas cher en grande surface). Pour les incrustations difficiles du haut qu'on ne peut pas détacher, on plaque un sopalin imbibé de vinaigre. Dans les 2 cas une nuit de trempage.

Le trempage dans le vinaigre détartre très bien les casseroles (alu et émail) et les filtres de robinet.