

## PROJET : LE BŒUF QUI TOURNE

<b>Compte rendu</b>	<b>Expertise électrique concernant le projet :</b>	Alain Vallée Philippe Berckmans  <b>30/09/07</b>
<b>ESF R&amp;D</b>	<b>Le bœuf qui tourne</b>	
<b>CR-140907</b>		

Date de la réunion : 14/09/07

*Lieu de la Réunion :* Porcaro dans le Morbihan

Participants :

ESF R&amp;D : Alain Vallée

EDF R&amp;D : Philippe Berckmans

R F I planète radio : Guénael Launay, Gwendal Mainguy, Max Bale,

Centre équestre : Jeannot et Laurence MAUBEC

RFI direction des magazines : Agnès Rougier

Presse Ouest France : Fanny Coconnier

Un journaliste de "Libération Rennes "

Banque du Zébu (Zébu Overseas Board (ex Bank) à Madagascar ) (micro crédit) : 3 personnes

**DIFFUSION PRINCIPALE :** Participants ESF R&D : Alain Vallée, EDF R&D : Philippe Berckmans,

R F I planète radio : Guénael Launay, Gwendal Mainguy, Max Bale

ESF R&amp;D Jean Pierre Cerdan, Juliette Ledelliou,

**1. Contexte**

RFI planète radio a fait une demande d'expertise mécanique et électrique auprès de ESF concernant des essais effectués sur une machine produisant de l'électricité en utilisant la force animale comme motricité.

Cette machine est un prototype créé par un Italien, Luigi Damontes sur un projet d'installation d'une station radio locale à Bangui en Centre Afrique (coût du prototype 10000 euros). Elle doit être testée et améliorée si possible en France avant d'être installée sur site.



« le bœuf qui tourne » lors de notre visite du 9/7/07

Les premiers tests réalisés en Italie par Luigi Damontes, ont montré qu'il était possible d'obtenir une puissance de 1200 watts en sortie de l'alternateur avec un cheval ou une mule.  
Pendant la semaine n° 37 de 2007 des tests électriques ont été faits dans un centre équestre à Porcaro dans le Morbihan. La machine a tourné environ 6 heures/jour.

## 2. Participation ESF

Guénael Launay de RFI planète radio nous a demandé de participer aux essais électriques. Des échanges avec nos collègues de EDF R&D spécialiste dans le domaine électrique et électromécanique nous ont aidés à définir les données minimales de la chaîne de transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique que devait nous fournir RFI. Il a été décidé que nous viendrions sur place le vendredi 14 septembre.

A la demande de Jean Pierre Cerdan, Philippe Berckmans , un collègue agent d'EDF R&D (spécialiste des batteries) est venu se joindre à nous pour participer à cette dernière journée d'essais.

## 3. Organisation des tests

Les tests de la machine ont démarré mardi, pour se terminer vendredi soir.

A la ferme équestre de Porcaro, la machine a été tractée entre 6 et 8 heures par jour par un ou deux chevaux de trait conduit par le propriétaire et dresseur du centre équestre Jeannot MAUBEC.

Un compte rendu nous a été envoyé par RFI qui regroupe les tests qu'ils ont faits avant notre arrivée et les tests que nous avons effectués ensemble. (compte rendu annexé)

## 4. Configuration de la machine lors de notre venue



Guénael , Philippe et Jeannot le 14/9/07

L'alternateur est entraîné par un jeu de chaînes et de poulies horizontales mis en mouvement par deux chevaux de trait attelés à une barre.

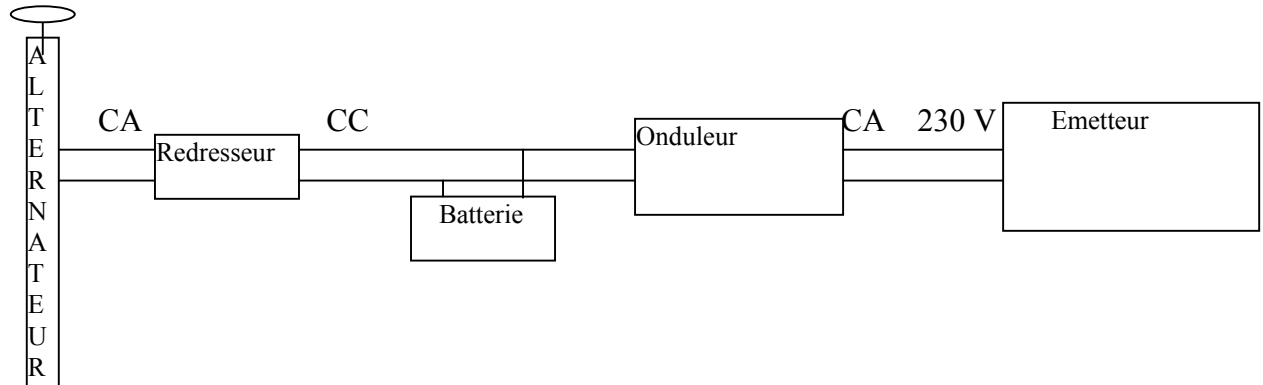
L'alternateur est couplé à une poulie de diamètre 140mm.

(Les essais précédant notre arrivée ont montré que lorsque la machine est tractée par un cheval, la poulie ne doit pas être inférieure à un diamètre de 160mm et avec deux chevaux, elle ne doit pas être inférieure à un diamètre de 140mm ceci pour ne pas fatiguer les chevaux).

**La chaîne électrique est composée de :**

Alternateur -> Redresseur -> Batterie -> Onduleur -> Charge (émetteur)

Schéma de principe



Le courant alternatif produit, qui est régulé et redressé, charge une batterie 24 V composée de 2 modules 12 V de type « batteries de camion » et fournit l'énergie à un onduleur qui produit à nouveau du courant alternatif pour l'usage.

La batterie sert de réservoir d'énergie pour permettre une production moins aléatoire pour l'utilisateur

**Alternateur :**

Triphasé / 24 V / Puissance max = 1900 watts / Nb de tour par min = entre 400 et 700 (En fonction de la force de l'animal qui tracte, la taille de poulie est adaptée pour obtenir une vitesse de rotation entre 400 et 700 Tr/min).

**Batterie :**

2 modules de 12 V / 180Ah (Type batterie de camion)

**Onduleur :**

**Tecsup SK1150-224**

Entrée = 24 V continu -> Sortie = 230 V alternatif 50Hz Pur Sinus / Puissance nominale 2000 watts (Puissance maximale 2000 watts) – Rendement : 86%

**5. Résultats des essais auxquels nous avons participé**

**5.1. Info sur les batteries**

Nous avons mis en garde sur les problèmes que peuvent avoir les batteries de type « camion ». Ces batteries de démarrage sont relativement fragiles et ne sont pas conçues pour assurer des cycles de charge et de décharge (moins de 100 cycles à 80% de profondeur de décharge). Il existe bien évidemment des batteries appropriées à cet usage (1000 à 1500 cycles à 80% de profondeur de décharge –ex :Batterie « plomb tubulaire » pour panneaux PV, batteries de traction pour chariots élévateurs) mais celles-ci sont plus onéreuses (environ 100 - 150 Euros/kWh) et surtout plus difficiles à se procurer dans les zones géographiques visée pour ce type d'installation.

Comme les essais l'ont montré, la puissance consommée peut être plus importante que la puissance animale fournie. La batterie sera alors systématiquement déchargée, ce qui a pour conséquence un vieillissement rapide (quelques mois avec une décharge quotidienne).

**Plusieurs préconisations peuvent être proposées**

- Démarrer la production d'électricité avec des batteries chargées. Pour cela, il serait nécessaire de terminer le service quotidien par une **charge complète de la batterie**, après arrêt des consommateurs (fin des émissions), **Cette phase est absolument nécessaire pour éviter de détériorer la batterie**,
- Juger de durée de charge à fournir : Il serait judicieux d'installer un voltmètre de contrôle de charge batterie (solution la moins onéreuse - Exemple : Indicateur de niveau de batterie - chez Radiospares : HOBUT en 24 V réf : F3 PAM 24V/2 - 13,78 €) et d'amener l'aiguille dans la zone verte (quasiment en butée à droite : environ 30 V) dans un certain temps (à définir - au moins 1 heure) pour compléter la charge,
- avoir un alternateur muni d'un régulateur de tension (environ 29 à 30 V) pour ne pas surcharger excessivement la batterie, pour la cas où la puissance animale serait supérieure à la puissance consommée ( excédant de charge pour la batterie),
- Vérifier les niveaux d'électrolyte régulièrement, et compléter si nécessaire avec de l'**eau déminéralisée (exclusivement)**. Le contrôle serait à faire de préférence avant la mise en service quotidienne, quand les gaz produits par électrolyse ( H<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>) se sont dissipés.

**Aspect sécurité :**

**Bien qu'il y est une certaine banalisation des batteries d'accumulateurs, leur manipulation et leur exploitation présentent quelques risques dont il faut se prémunir.**

**Voici un résumé succinct de ces risques et préconisations :**

- **Risque d'explosion :**
  - Eviter de générer des étincelles aux abords des batteries lors des manipulations (nettoyage, remise en eau, connexion, ...)
  - Ne pas fumer à proximité des batteries,
- **Risque chimique :**
  - Les batteries au plomb contiennent de l'acide sulfurique (risque de brûlure chimique )
  - Utiliser des lunettes de protection lors des manipulations
  - Avoir un point d'eau pour un éventuel nettoyage en cas de projection d'acide.
- **Risques de brûlures et projection de matière:**
  - Lors de la connexion et de la déconnexion de batteries des risques de court-circuit sont possibles entre les 2 polarités. Afin d'éviter ce risque, il est préconiser d'utiliser des outils isolés (à défaut enrubanné les outils d'un adhésif isolant).
- **Risques d'électrisation :**

**La tension étant limitée à 30 V en charge, les risques liés à la tension sont limités. Néanmoins, l'alternateur ( a priori non muni d'un régulateur ) peut monter à des tensions bien supérieures, à vide (de l'ordre 100 V mesuré, batterie déconnectée).**

**Remarque :** La législation française impose une habilitation électrique pour les travaux sous tension sur les batteries d'accumulateur quand la tension nominale est supérieure à 48 V ou la capacité supérieure à 10 Ah, en plus de l'habilitation électrique « générale » pour les travaux en basse tension.



Guénael , Philippe et Gwendal le 14/9/07

## 5.2. résultats

### Tableau récapitulatif des tests réalisés

Cf. : compte rendu RFI de Gwendal Mainguy voir en annexe 1

Conditions d'essai	Charge sur onduleur « Sortie onduleur » (W)	Puissance redresseur + batterie « Entrée onduleur »	Puissance fournie par le redresseur	Puissance provenant de la batterie	Puissance de charge batterie
<b>Test 1 – 1 Cheval</b> poulie = Ø160 V moy = 1.13 tr/min	<b>0</b>		<b>583</b>	-	<b>583</b>
<b>Test 2– 1 Cheval</b> poulie = Ø160 V moy = 1.44 tr/min	<b>1000</b>	<b>1100</b>	<b>534</b>	<b>566 W</b>	<b>Décharge</b>
<b>Test 3 – 2 Chevaux</b> poulie = Ø140 V moy = 1.6 tr/min	<b>1000</b>	<b>1100</b>	<b>930</b>	<b>170 W</b>	<b>Décharge</b>
<i>Régime idéal pour ne pas décharger la batterie - 2 Chevaux</i> poulie = Ø140 V moy = 1.6 tr/min	<i>850</i>	<i>930</i>	<i>930</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<b>Test 4 - 2 Chevaux</b> poulie = Ø125 V moy = 1.5 tr/min +Rallonge 30 cm	<b>1000</b>	<b>1100</b>	<b>845</b>	<b>255 W</b>	<b>Décharge</b>

### Mesure des performances de cette machine dans la configuration suivante.

- Entraînement par 2 chevaux de trait (puissance mécanique estimée lors du chargement des batteries : 1500 W)
- Pour nos conditions d'essais, dans la mesure où l'on souhaiterait minimiser l'utilisation de la batterie, la charge électrique en sortie de l'onduleur (émetteur) ne devrait pas excéder 850W, ce qui correspond, compte tenu du rendement de l'onduleur (91% estimé) à 930 W produit en

sortie du redresseur. La batterie, utilisé en « tampon », ne devrait pas être trop sollicitée en décharge (optimisation de la durée de vie de la batterie ). Au-delà de ce régime ( $P > 850W$ ), la batterie compensera le manque de puissance animale pendant la période émission. L'énergie prélevée sur la batterie devra obligatoirement être restituée après l'arrêt du service en faisant tourner l'équipage (chevaux, Zébu, ...) jusqu'à atteindre le niveau de charge optimal.

### 5.3. Conclusions

Avec deux bons chevaux de trait (de bonne corpulence) et dans de bonnes conditions d'utilisation de leur force de travail, la machine a produit aux environs de 850 W utilisable.

Cette production tient compte de l'utilisation des batteries pour compenser les arrêts des bêtes (5min. toutes les heures) et le lissage de leur vitesse. Il faut avoir une réserve de production pour recharger les batteries.

**Plus on a recours à la batterie (rendement énergétique de 74 - 75 %), plus le rendement global baisse (du cheval à la lumière).**

La puissance utilisable mesurée derrière l'onduleur avec un seul cheval est de l'ordre de 480 à 520W, pour une puissance « animale » estimée de 700 à 750 W

## 6. Axe de recherche pour augmenter la puissance produite

- Possibilité de diminuer les pertes mécaniques et électriques évaluées à 30%. Cette amélioration aura peu d'influence car la puissance mécanique de 1500W des deux chevaux habitués à tracter et travaillant dans de bonnes conditions (sol sec, température d'environ 20°C, ce qui risque de ne pas être le cas dans la brousse) ne peut pas être augmentée. Si on gagne 10% sur les pertes, en final, la puissance utilisable ne sera que de 935W
- Utilisation de 4 animaux deux par deux à 180°. Une personne de la Banque du Zébu (Zébu Overseas Board (ex Bank) à Madagascar ) présente lors des essais, nous a dit que c'était possible mais le dressage est obligatoire et l'achat de 4 zébus entraîne un surcoût. De plus lors des essais le fait de doubler le nombre d'animaux ne double pas forcément la production. La production électrique (230 V alternatif) par un seul cheval est de 480 à 530W et par deux chevaux d'environ 850W (mesuré derrière l'onduleur). **La composante de la traction animale est un élément primordiale à appréhender pour optimiser la production électrique pour le besoin réel de l'utilisateur.**

## 7. Suite des essais

RFI planète radio doit emporter la machine dans une entreprise de mécanique pressentie pour en faire la fabrication. Dans un premier temps, ils vont la démonter et faire les plans de fabrication (le prototype a été construit d'après des croquis et a évolué en cours de montage). Guénael Launay nous propose de nous apporter sur Paris le matériel électrique pour que nous puissions faire des essais en laboratoire. **Ces essais pourraient se faire à Clamart dans le département qui s'occupe des machines électriques, ils nécessiteront de dégager des heures de banc d'essais et de la main d'œuvre qu'il faudra négocier avec la R&D.**

## 8. Présence de la presse

Lors des essais, en plus des personnes de la Banque du Zébu (Zébu Overseas Board (ex Bank) à Madagascar ) les essais ont été couverts par :

RFI direction des magazines : Agnès Rougier

Ouest France : Fanny Coconnier

Un journaliste de "Libération Rennes "

Sur Internet nous avons trouvé l'article de Fanny Coconnier de Ouest France (Annexe 2)

### **Avertissement :**

Le raccourci journalistique qui est fait du commentaire de A. Vallée est très confus.

Ce qui avait été dit, était plutôt dans l'esprit : « **On regarde notamment comment limiter les pertes d'énergie pour assurer le meilleur rendement global du matériel**».

Voici le lien pour retrouver l'article sur le site

[http://www.vannes.maville.com/Ils-auront-la-radio-grace-aux-animaux/re/actudet/actu\\_dep-443630-----actu.html](http://www.vannes.maville.com/Ils-auront-la-radio-grace-aux-animaux/re/actudet/actu_dep-443630-----actu.html)

## 9. ANNEXE

### 9.1. *annexe 1 : Compte-Rendu Série de tests sur « Le Boeuf qui tourne »*

#### 9.2. *Du 11 au 14 septembre 2007 Gwendal Mainguy le 22/09/2007*

Les tests sont menés avec des chevaux de traits habitués à tracter.

Pour nos tests, seules deux variantes sont modifiables, le diamètre de la poulie alternateur et la

longueur du bras rotatif.

La charge de la batterie varie aussi mais reste toujours comprise à vide entre 22 et 25V

Diminuer le rayon de rotation entraîne une gêne pour les animaux qui doivent tirer vers l'intérieur. Nous avons gardé un rayon minimum de 5.65m, confortable pour ces chevaux.

### **Rapports de multiplication :**

Poulie  $\varnothing$  100 :  $R=344$

Poulie  $\varnothing$  125 :  $R=344/1.25= 275.2$

Poulie  $\varnothing$  ?140 :  $R=344/1.4= 245.7$

Poulie  $\varnothing$  ?160 :  $R=344/1.6= 215$

On a constaté que l'entraînement des poulies de diamètre 100 et 125 demande un effort trop important pour un seul cheval; nous avons donc opté pour la poulie de **diamètre 160 quand un seul cheval tracte**, et pour une poulie de **diamètre 140 quand ils sont deux**.

- **Test 1, charge de la batterie (onduleur déconnecté), un seul cheval tracte.**

**Durée, 30 minutes**

$P$  moy fournie =  $I$  redresseur moy x  $V$  batterie moy

**$P$  moy fournie = 22.91 x 25.45 = 583 W**

**$V$  moy = 1.13 tr/min**

- **Test 2, onduleur connecté, charge de 1000W, un seul cheval tracte.**

**Durée, 30 minutes**

On mesure une consommation de l'onduleur de l'ordre de 100 W

Soit **Charge vue de la batterie = 1100 W**

$P$  moy fournie =  $I$  redresseur moy x  $V$  batterie moy

**$P$  moy fournie = 22.36 x 23.9 = 534.4 W**

**V moy = 1.44 tr/min**

On produit dans ce cas deux fois moins d'énergie qu'on en consomme.

La connexion de la charge ne change à priori pas la force opposée à l'animal

A l'arrêt, si la charge reste connectée, la tension aux bornes des batteries chute très vite

**Le même test avec une poulie de diamètre 140 nous donne une puissance moyenne fournie égale mais une fatigue de l'animal beaucoup plus rapide.**

- **Test 3, onduleur connecté, charge de 1000W, les deux chevaux tractent.**

**Durée, 35 minutes**

On mesure une consommation de l'onduleur de l'ordre de 100 W

Soit **Charge vue de la batterie = 1100 W**

P moy fournie = I redresseur moy x V batterie moy

**P moy fournie = 39.6 x 23.6 = 930 W**

**V moy = 1.6 tr/min**

Dans cette configuration, on produit toujours moins que ce que l'on consomme.

**A rendement onduleur égal, on obtient l'équilibre Pmoy fournie = P consommée pour une charge de 850 W.**

- **Test 4, onduleur connecté, charge de 1000W, les deux chevaux tractent.**

**Ø poulie = 125 et la barre de traction est rallongée de 30cm**

**Durée, 30 minutes**

**Charge vu de la batterie = 1100 W**

P moy fournie = I redresseur moy x V batterie moy

**P moy fournie = 35.23x 24 = 845W**

**V moy = 1.5 tr/min**

Le rayon a beau être plus grand, l'effort imposé avec une poulie de diamètre 125 s'avère trop difficile.

- **Observations :**

- La configuration la plus intéressante et la plus adaptée est donc celle où les deux chevaux entraînent une poulie de diamètre 140 (Test 3); on peut ainsi connecter en sortie du système une charge de consommation maximale égale à 850 W.

**Cette solution a été testée en faisant tourner les chevaux pendant 2 H ;le seul impératif est de stimuler fréquemment les animaux qui se lassent vite et ralentissent le rythme.**

- En cas de consommation inférieure à la puissance fournie, un système permettant de limiter la surcharge de la batterie serait utile.

- Le zébu africain étant à priori moins puissant que le cheval de trait, on peut imaginer une baisse de la puissance moyenne fournie, voir même un passage à une poulie plus grande.



### 9.3. annexe 2: article paru dans Ouest-France du samedi 15 septembre 2007

#### Actualité Morbihan

Édition du samedi 15 septembre 2007

#### Ils auront la radio grâce aux animaux



En Afrique, les chevaux seront remplacés par des boeufs pour faire tourner un système d'alimentation électrique fait de poulies et de courroies

#### Confrontés au manque d'énergie dans des pays africains, deux journalistes de radio ont eu l'idée d'avoir recours aux boeufs. À Porcaro, ils testent le système.

Des airs de salsa et de musique bretonne résonnent vendredi à la ferme des chevaux de trait de Porcaro. Mais pas de fête à l'horizon. Ici, ce sont les chevaux qui sont en piste. Pour travailler. Inlassablement, ils tournent, harnachés à un ingénieux mécanisme producteur d'énergie. La musique, c'est eux qui la font tourner.

Ils testent un prototype imaginé par deux journalistes de Radio France Internationale (RFI). Toute l'année, Guénael Launay, originaire d'Augan, et Max Bale arpentent les pays en développement et les états en conflit pour aider au développement de radios.

Chaque jour, ils rencontrent des difficultés pour développer un média que les Africains utilisent « **comme un téléphone** ». « **Les difficultés les plus importantes ne sont pas pédagogiques ou culturelles, mais énergétiques**, souligne Max Bale. **Il nous est arrivé de repartir d'Afrique en ayant préparé la radio, formé les gens. Et l'un d'eux nous a dit : « Une fois que le gasoil que vous nous avez laissé sera écoulé, on ne pourra plus faire tourner la radio. »**

Max, chef de projet est miné. Mais ne lâche pas le morceau. L'énergie il veut la trouver. C'est en regardant les éoliennes, en réfléchissant aux ressources présentes en Afrique que l'idée va germer : se servir d'animaux. Une rencontre avec un « **ingénieur fou** » plus tard, et un prototype est créé. L'imposante machine canalise, via un système de poulies et d'alternateurs, l'énergie produite par les bêtes. Au bout de la chaîne, une batterie.

Alimenter des cliniques

« **Je dois adapter la vitesse des chevaux, les faire marcher très lentement, au rythme qu'auront les boeufs** », explique Jeannot Maubec, éleveur. En Afrique, ce sont des boeufs qui seront le plus fréquemment utilisés. C'est ce qu'attendent avec impatience les deux journalistes à la tête du projet.

D'ici là, quelques tests sont encore à réaliser. Hier encore, un ingénieur d'Électricien sans frontière leur apportait un coup de pouce. « **On regarde notamment comment limiter les pertes d'énergie pour assurer la longévité du matériel** », explique Alain Vallée, ingénieur.

En octobre, le prototype partira à Bangui (République centrafricaine). Là, pendant cinq mois, il sera soumis aux exigences d'une utilisation quotidienne. Puis, si des fonds sont trouvés, la machine sera reproduite. « **Des organisations nous contactent déjà** », assure Max Bale. Et d'autres utilisations sont évoquées, notamment pour faire fonctionner des appareils de radiographie dans des cliniques ou juste pour permettre aux villages de s'éclairer le soir.

Fanny COCONNIER.

Ouest-France

.