

STATION DE BASE AUTONOME EN ENERGIE

Système d'alimentation hybride

Spécifications fonctionnelles



1. Préambule

La station de base autonome est conçue essentiellement pour des sites de télécommunications isolés sur le plan électrique, notamment dans les DOM/TOM et les pays en voie de développement (*coût de raccordement au réseau public prohibitif ou techniquement irréalisable*).

Dans les zones à fort potentiel d'ensoleillement, le générateur photovoltaïque standard peut délivrer une puissance moyenne de l'ordre du **kilowatt** sous 48V CC, ce qui répond à des besoins bien identifiés pour la téléphonie mobile ou pour des petits réémetteurs.

Dans les cas moins favorables, ou pour des puissances supérieures, la solution **hybride** apporte un complément de puissance et une meilleure garantie de disponibilité. En effet, l'alimentation des équipements de télécommunications nécessite une **disponibilité** étroitement liée à la qualité de service offerte.

2. Solutions en présence

Le concept du générateur hybride (*solaire + éolien*) a déjà été adopté avec succès dans des applications de télécommunications, notamment dans les zones côtières des DOM/TOM, mais il s'agit d'opérations à caractère exceptionnel par rapport au potentiel d'applications des stations autonomes.

En effet, deux sources d'énergie aléatoires ne permettent pas de garantir une alimentation avec une indisponibilité prévisionnelle de l'ordre de 10^{-5} (*une coupure d'une heure tous les 10 ans*).

De ce fait, les entreprises spécialisées proposent une autre solution hybride (*solaire+groupe d'appoint*) ou (*solaire+éoliennes+groupe d'appoint*) afin de tenir les objectifs de disponibilité.

Traditionnellement, le groupe d'appoint est réalisé avec un moteur d'entraînement de type Diesel, mais des solutions alternatives faisant appel au GPL (*moteur à gaz, microturbinés ...*) apparaissent sur le marché et doivent être comparées au groupe Diesel. En effet, le gaz liquéfié peut présenter des avantages par rapport au fioul domestique (*conditionnement, faibles rejets, tenue aux basses températures, stockage de longue durée*).

Une autre solution respectueuse de l'environnement consistera à utiliser des piles à combustible associées à un reformeur pour constituer la source d'appoint. Dans ce cas, le générateur de courant continu sera connecté directement aux batteries 48V qui assureront également le lancement de ce générateur.

3. Eléments constitutifs

La combinaison d'une source d'énergie **aléatoire** et d'un générateur à fonctionnement **contrôlé** permet d'exploiter les avantages de chacune des sources en minimisant les inconvénients spécifiques.

On peut ainsi réduire la puissance du générateur photovoltaïque, dont le coût d'investissement et les côtes d'encombrement en limitent le champ d'application et l'on peut minimiser la durée annuelle de fonctionnement du groupe d'appoint en considérant le coût de la maintenance, les difficultés d'approvisionnement en carburant et la faible durée de vie technologique.

Par ailleurs, les batteries d'accumulateurs, spécialement conçues pour des applications solaires (*faible autodécharge, grande réserve d'électrolyte ...*), jouent un **triple** rôle dans le système hybride:

- ✓ compenser la baisse de puissance due aux variations journalières et saisonnières de l'ensoleillement;
- ✓ fournir l'énergie nécessaire au démarrage de la source d'appoint pour améliorer la fiabilité du système ;
- ✓ pallier la panne éventuelle de la source d'appoint en couvrant le délai d'intervention et de réparation.

4. Exigences fonctionnelles

Les sous-ensembles de la station d'énergie et leur mode opératoire doivent remplir plusieurs conditions:

- ✓ assurer le démarrage de la source d'appoint au moment opportun pour conserver une réserve d'énergie de l'ordre de **60 %** dans les batteries;
- ✓ limiter le temps de fonctionnement de cette source d'appoint à **500 h/an** pour préserver sa durée de vie et réduire le nombre d'interventions (**2 visites/an au maximum pour la maintenance et l'approvisionnement**);
- ✓ utiliser le groupe au plus près de sa puissance nominale pour accroître sa durée de vie et optimiser son rendement, donc sa consommation de carburant;
- ✓ respecter les conditions d'alimentation des équipements, en particulier les limites (**48 V ± 16 %**).

.../...

5. Caractéristiques du groupe d'appoint

Le groupe d'appoint, connecté directement aux bornes des batteries 48 V, doit satisfaire aux conditions de service suivantes:

- ✓ démarrer automatiquement et assurer la prise en charge dans un délai maximal de trois minutes;
- ✓ assurer un service D (*service intermittent*) limité à **500 h/an**, aucune surcharge n'étant admise;
- ✓ accepter une durée de fonctionnement cumulée de **250 h** à pleine charge, sans appoint d'huile ni de carburant, et sans opération de maintenance (1);
- ✓ délivrer le courant continu (2) sous la tension d'égalisation prescrite par le fournisseur de batteries (3);
- ✓ satisfaire aux conditions de température extrêmes et fonctionner sans provoquer une gêne dans le voisinage (*réduction du niveau sonore*).

Remarques:

(1) Les durées de fonctionnement exigées peuvent nécessiter des adaptations spécifiques (carter profond, citerne de carburant additionnelle ...);

(2) Le régulateur de tension étant intercalé entre les batteries et les équipements alimentés, le courant de charge des batteries est issu directement de l'alternateur après redressement et filtrage;

(3) La charge d'égalisation à tension constante (ex: $2,30 \text{ V} \times 24 = 55,2 \text{ V}$) et la limitation de l'intensité, permettent de restituer 40% de la capacité des batteries dans le temps imparti. Un compteur d'énergie bidirectionnel peut être mis en œuvre pour les commandes de démarrage et d'arrêt automatique du groupe.

6. Critères de dimensionnement

Pour une consommation permanente de **1400 W** sous 48 V, le générateur photovoltaïque standard comprend environ 140 modules photovoltaïques (*120 à 150 Wc sous 12 ou 24V*), ce qui représente une emprise au sol de l'ordre de 140 m² pour l'ensemble de la station. Il est associé à deux batteries au plomb offrant **7 jours** d'autonomie théorique en cas de dysfonctionnement du système.

Dans la solution hybride, le groupe d'appoint peut être sollicité périodiquement pour assurer un complément de charge correspondant à **40 %** de la capacité des batteries, sous réserve que la durée de fonctionnement cumulée ne dépasse pas **500 h/an**.

Les exemples ci-dessous montrent l'impact de la consommation des équipements sur le dimensionnement des batteries et du groupe d'appoint:

- **Exemple 1:**
 - Consommation moyenne: **1400 W** (29 A sous 48 V)
 - Autonomie théorique avec 2 batteries de 2500 Ah: 7,2 jours
 - Perte constante: néant
 - Décharge à 40 %: 2000 Ah (durée aléatoire)
 - Puissance du groupe: 5 kWe (100 A sous 48 V)
 - Temps de charge à 40%: 20 h à 100 A
 - Durée de fonctionnement du groupe: 12 séquences de 20 h, soit **240 h/an**
- **Exemple 2:**
 - Consommation moyenne: **1700 W** (35 A sous 48 V)
 - Autonomie théorique avec 2 batteries de 3000 Ah: 7,1 jours
 - Perte constante: 300 W (6 A sous 48 V)
 - Décharge à 40 %: 2400 Ah en 400 h
 - Puissance du groupe: 10 kWe (200 A sous 48 V)
 - Temps de charge à 40%: 12 h à 200 A
 - Durée de fonctionnement du groupe: (22+12) séquences de 12 h, soit **408 h/an**
- **Exemple 3**
 - Consommation moyenne: **2000 W** (42 A sous 48 V)
 - Autonomie théorique avec 2 batteries de 3500 Ah: 7 jours
 - Perte constante: 600 W (12 A sous 48 V)
 - Décharge à 40 %: 2800 Ah en 230 h
 - Puissance du groupe: 15 kWe (300 A sous 48 V)
 - Temps de charge à 40%: 10 h à 300 A
 - Durée de fonctionnement du groupe: (38+12) séquences de 10 h, soit **500 h/an**

Nota: la perte constante a été négligée dans le temps de charge

.../...

7. Site de référence

En s'appuyant sur plusieurs expérimentations déjà anciennes, France Télécom (FT R&D) a démontré qu'un système hybride (*générateur photovoltaïque + groupe électrogène*) était bien adapté à l'alimentation des équipements de télécommunications en site isolé.

En 1991, l'alimentation de plusieurs émetteurs (*R 2000, radio FM, relais hertzien*) couvrant les stations de sports d'hiver d'Isola 2000 et d'Auron a été réalisée en partant de ce concept et le suivi en exploitation a donné une consommation moyenne de **1 kW** sous 48 V.

Cette installation, qui est encore opérationnelle, constitue une bonne référence si l'on tient compte de la rigueur des conditions d'environnement (*altitude: 2600 mètres, site enneigé, pas de chemin d'accès ...*).

Les panneaux solaires sont inclinés à 70 degrés pour favoriser le déneigement et le bâtiment comprend trois compartiments (*télécoms, énergie, batteries*) bien protégés contre la foudre et isolés sur le plan thermique.

La maintenance et l'approvisionnement en combustible nécessitent une intervention **annuelle** qui est réalisée au moyen d'un hélicoptère.

La télégestion permet de suivre à distance les données énergétiques et les séquences de fonctionnement pour tenir compte de l'isolement et des difficultés d'accès. Elle fait appel à un système de gestion simplifié (SGS) transférant ses informations sur un terminal distant, via le réseau téléphonique commuté (RTC).

Le synoptique de la station hybride SOLDIESE et l'approche économique de trois systèmes d'énergie autonomes, extraits de la plaquette CNET/IMP/92/7611, sont donnés en annexe.

8. Conclusion

Le système hybride, optimisé en fonction des gisements d'énergie renouvelable, devrait contribuer à élargir le champ d'application des stations de base autonomes, d'autant que les opérateurs sont maintenant confrontés aux difficultés d'extension de leurs réseaux dans des zones plus isolées et plus difficiles d'accès.

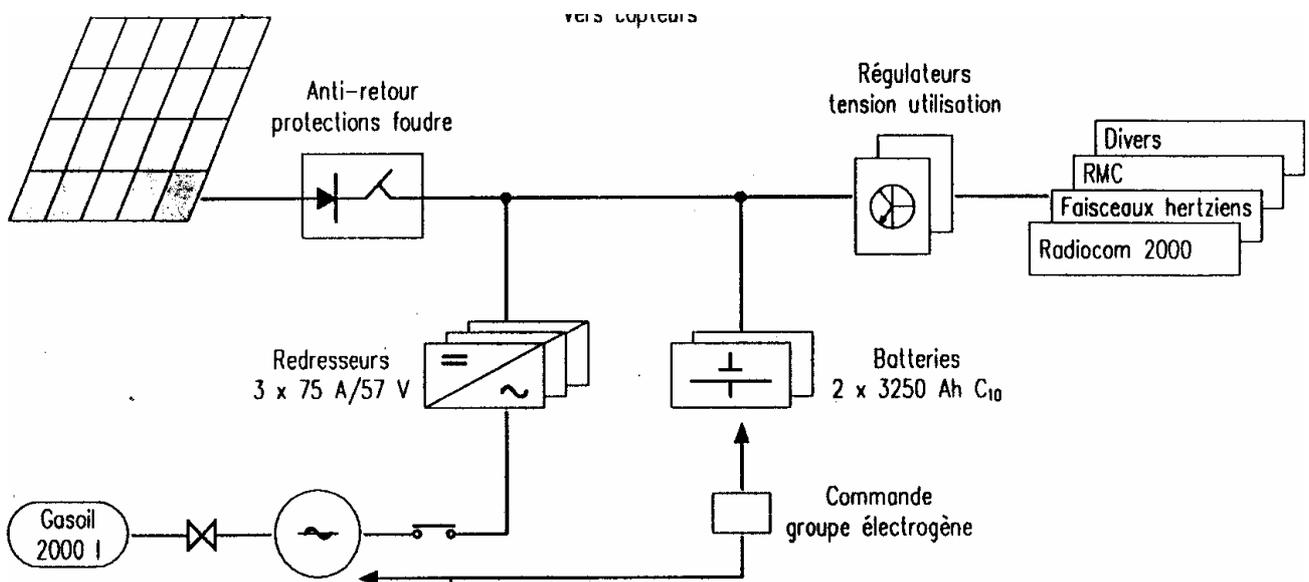
Aujourd'hui encore, le coût et l'encombrement des panneaux solaires semblent limiter leur emploi aux faibles puissances, mais les prix et les performances des modules photovoltaïques continuent à évoluer favorablement. Le même constat peut être établi avec les petites éoliennes dont les performances et la fiabilité sont sans cesse améliorées.

De leur côté, les piles à combustible apparaissent comme une solution d'avenir, très respectueuse de l'environnement, pour la fourniture de l'énergie d'appoint nécessaire à l'optimisation du système.

René REVOL (20/05/05)

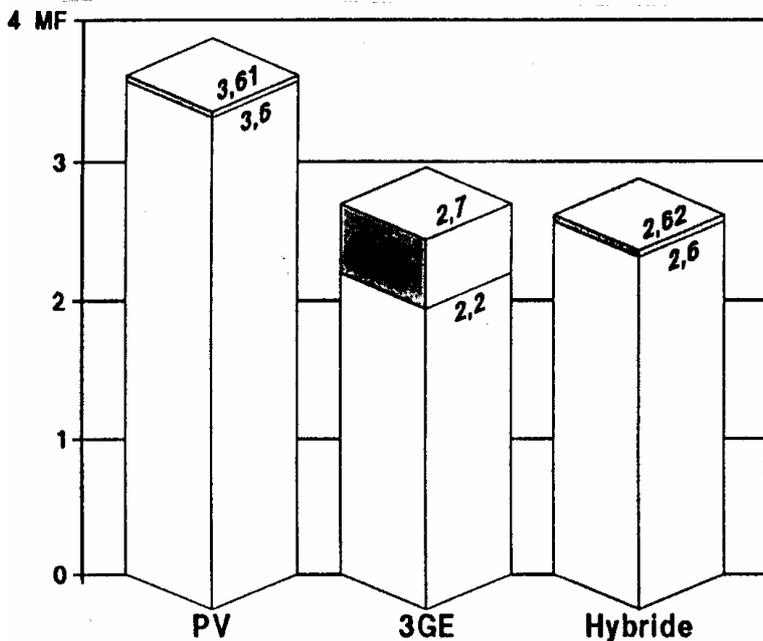
ANNEXE 1

Site de référence



Groupe électrogène 16 kVA

Schéma de principe



PV : photovoltaïque

GE : groupe électrogène

Comparaison des coûts d'investissement et d'exploitation

(Evaluation sur 10 ans)

ANNEXE 2

STATION DE BASE AUTONOME EN ENERGIE

Optimisation des solutions techniques

1. Introduction

Le concept d'une station de base autonome en énergie doit faire appel à des solutions **simples** et **économiques** sur le plan énergétique afin de réduire l'investissement d'origine photovoltaïque. En particulier, les limites de température admises par les nouveaux équipements (*5 à 40°C en régime permanent*) sont prises en compte pour minimiser la ventilation ou la climatisation, c'est à dire la consommation électrique.

2. Données de consommation

La précision des données de consommation est essentielle pour la définition des solutions techniques. Les exemples ci-dessous concernent la téléphonie mobile de deuxième génération :

➤ Bases de calcul

- Baie Radio Indoor
 - Dimensions (mm): 2100 x 600 x 600
 - Consommation intrinsèque : 125W/48V (*valeur constante*)
 - Consommation d'un TRX: 200W/48V (*valeur constante*)
- Baie Faisceau Hertzien
 - Dimensions (mm): 2100 x 600 x 600
 - Consommation intrinsèque: 200W/48V (*valeur constante*)
- Enveloppe préfabriquée
 - Dimensions (mm): 3500 x 2500 x 2500
 - Consommation intrinsèque (circuits auxiliaires): 75W/48V (*valeur constante*)
 - Chauffage, climatisation (estimation): 400W/48V (*moyenne annuelle*)

Remarque : les besoins climatiques affectent peu la réserve d'énergie dans les batteries car ils augmentent avec l'ensoleillement, au même titre que la puissance délivrée par le générateur solaire.

➤ Consommation globale

La consommation globale pondérée d'une BTS résulte du nombre de secteurs et de canaux TRX, c'est à dire du trafic à écouler, mais l'on considère à priori qu'une station de base sur site isolé n'écoule pas un fort trafic:

- ✓ **Exemple 1:** consommation globale d'une baie mono sectorielle à 2 TRX (1200 W)
- ✓ **Exemple 2:** consommation globale d'une baie tri sectorielle à 2 TRX (2000 W)
- ✓ **Exemple 3:** consommation globale de trois baies mono sectorielles à 2 TRX (2650 W)

Remarque: Contrairement aux critères retenus pour le raccordement EDF (puissance souscrite de 6 ou 9 kVA intégrant les consommations de pointe et les courants d'appel), les stations d'énergie autonomes sont dimensionnées en fonction des consommations **moyennes** journalières et saisonnières (réserve d'énergie importante dans les batteries).

3. Solutions techniques proposées

Les solutions techniques en présence découlent du bilan technico-économique incluant le coût et la superficie des panneaux photovoltaïques:

- Si la puissance moyenne mise en jeu est inférieure ou égale à **1400 W**, le système d'énergie hybride peut se limiter à un générateur photovoltaïque standard et à une source d'appoint de puissance appropriée pour garantir la disponibilité de l'alimentation.
- Si la puissance moyenne mise en jeu est supérieure à **1400 W**, deux solutions peuvent être adoptées:
 - Site avec gisement éolien: le système hybride associe le générateur photovoltaïque à un (ou plusieurs) aérogénérateurs supportés par le pylône, la disponibilité étant garantie par la source d'appoint.
 - Site sans gisement éolien: la puissance de la source d'appoint doit être majorée pour limiter son fonctionnement à 500 heures/an.

René REVOL

Glossaire, abréviations, sigles:

BTS Base Transceiver Station
TRX Carte à 8 voies