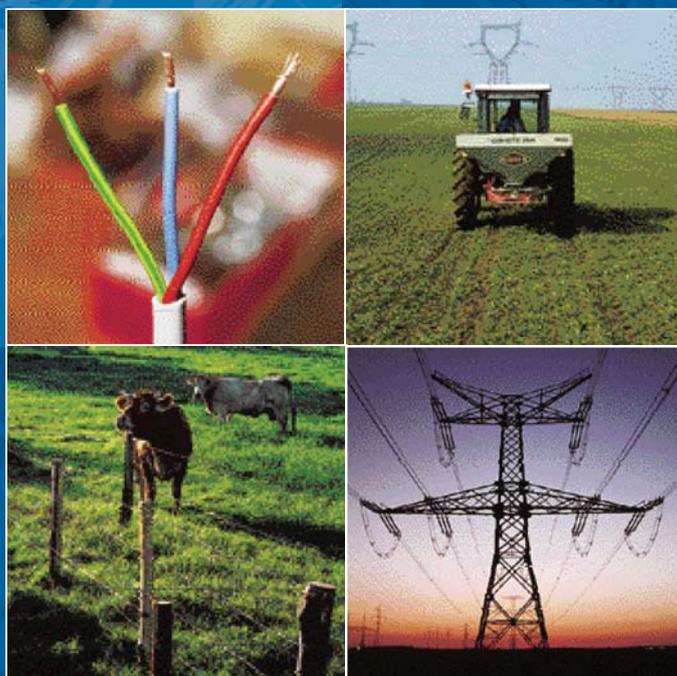


# Mieux connaître les risques des courants électriques parasites dans les exploitations d'élevage





L'électricité est tellement indissociable des activités humaines que l'on finit par en oublier sa nature et les multiples technologies mises en œuvre pour en rendre l'usage si simple et si machinal. Mais, si bénéfique soit-elle, l'électricité nécessite des précautions d'usage pour en éviter les dangers n

Cette brochure s'inscrit dans une démarche engagée par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et qui a donné lieu à un rapport présenté par Messieurs Blatin et Benetière en décembre 1998. Son but est d'informer les professionnels des exploitations d'élevage sur les manifestations indésirables du courant électrique. Informer également sur quelques dispositions simples qui permettent de s'en prémunir, au premier rang desquelles figure la qualité de

la conception et de l'entretien des installations électriques n

## Édito

Toutefois, si un phénomène électrique

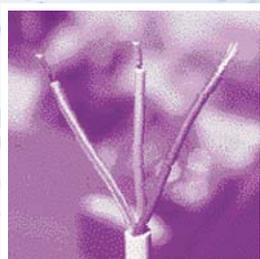
parasite peut, en théorie, être à l'origine d'un problème sanitaire, il en demeure cependant l'une des causes les moins probables. C'est pourquoi, lorsqu'une pathologie ou une situation anormale se manifeste dans l'exploitation, l'éleveur doit, en premier lieu, faire appel à un spécialiste de la santé animale. Seul le diagnostic vétérinaire permettra d'identifier rapidement et sûrement les facteurs de risque, selon la nature des troubles constatés n

Quelques rappels sur la nature de l'électricité et les différentes grandeurs qui la caractérisent, introduisent la description des divers phénomènes électriques parasites. Leurs effets éventuels sur les animaux, les seuils de sensibilité et de perturbation sont ensuite abordés. Enfin, des développements plus détaillés, sous forme d'annexes, permettent d'en savoir plus sur certaines notions exposées dans la brochure n



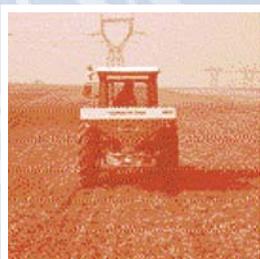
# Sommaire

## Ce qu'il faut savoir sur l'électricité



- 1. L'électricité, qu'est-ce que c'est ? 7
- 2. Petites causes, grands effets 8
- 3. Les valeurs caractéristiques du courant électrique 8
- 4. Il existe des relations entre ces grandeurs 9
- 5. Le transport et la distribution de l'électricité 10
- 6. Règles de base d'une bonne installation électrique 11
- 7. Fuites de courant des installations électriques 13

## Les phénomènes électriques parasites



- 1. Des phénomènes présents au quotidien, dans chaque habitation 15
- 2. L'élevage, lieu amplificateur des phénomènes parasites 17
- 3. Les infrastructures externes à l'exploitation, facteurs de phénomènes électriques parasites 18

## Effets des phénomènes électriques parasites sur les animaux



- 1. Les manifestations des courants parasites 21
- 2. Quelques exemples de symptômes observables 22
- 3. Les seuils de sensibilité et de danger pour les animaux 22
- 4. La mesure des phénomènes électriques parasites 24
- 5. Quelques solutions simples 25

**Conclusion** ..... 26

**Annexes** ..... 27

**Ce qu'il faut savoir  sur l'électricité**

# L'électricité, qu'est-ce que c'est ?

Le **courant électrique** est le produit de la circulation de charges électriques, d'électrons notamment, dans un matériau « conducteur ».

Les **électrons** sont des particules élémentaires qui font partie de la structure des atomes.

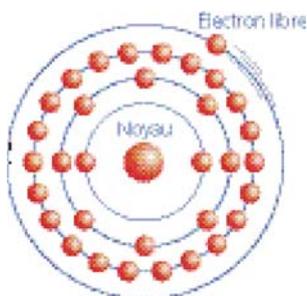
Les **atomes** eux-mêmes constituent les plus petits échantillons possibles d'un matériau donné.

Ils sont différents et spécifiques à chaque matériau (fer, cuivre, oxygène, carbone, etc.).

Dans une représentation très simplifiée, les électrons circulent autour d'un **noyau** un peu à la manière des planètes autour du soleil. Les plus lointains et les plus isolés sur leur orbite sont moins solidement arrimés au système.

Ils sont donc susceptibles de « s'échapper » plus facilement de leurs atomes. Ce sont des **électrons libres**.

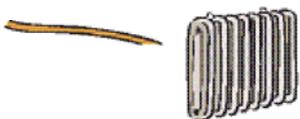
## Représentation schématique de l'atome de cuivre selon Bohr



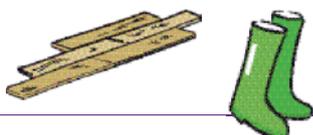
Cette plus ou moins grande facilité pour un électron de se séparer de son atome permet de distinguer deux grandes classes de matériaux : les « **conducteurs** » et les « **isolants** »

## Du plus conducteur au plus isolant

1 Cuivre > 2 Fonte >



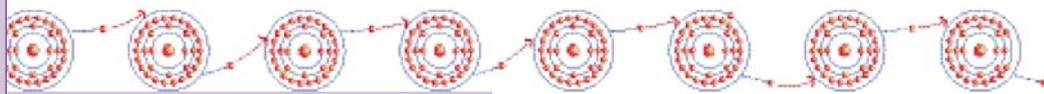
> 3 Bois > 4 Caoutchouc



## Quand le courant passe...

Lorsque, dans un matériau conducteur, l'électron libre d'un atome chasse l'électron libre de l'atome voisin et prend sa place, et que cet électron à son tour chasse l'électron libre voisin et prend sa place... ainsi de suite, d'atome en atome, tout le long du conducteur, on constate un flux continu de charges électriques :

**le courant passe.**



## ...et quand il ne passe plus

On imagine bien, de ce fait, que si le conducteur n'est pas refermé sur lui-même, ce flux ne peut plus progresser : **le courant ne passe plus.**

## Le générateur

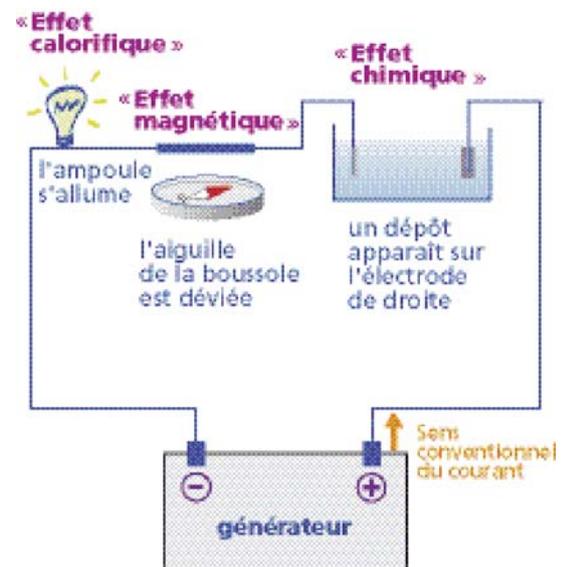
C'est un dispositif destiné à maintenir un flux de charges électriques, c'est-à-dire à générer du **courant électrique**.

Il a la propriété d'organiser un déséquilibre dans la concentration des charges que l'on trouve à chacune des deux bornes métalliques dont il est muni : un excès dans l'une, symbolisée  $\ominus$ , et donc un déficit dans l'autre, symbolisée  $\oplus$ .

Lorsqu'on relie les bornes d'un générateur à une ampoule, par l'intermédiaire de fils conducteurs, on obtient une boucle. Le flux de charges s'organise de manière à combler le déficit et tendre à recréer l'équilibre : un courant continu circule de la borne  $\oplus$  vers la borne  $\ominus$ .

**Le courant passe**, la lampe s'allume. Le générateur agit comme une **pompe à électrons**.

## Quelques effets du courant électrique continu



# Petites causes, grands effets

## L'effet calorifique du courant électrique

Dans l'exemple de la page précédente, le courant électrique a permis d'allumer une lampe. C'est-à-dire qu'il a pu chauffer jusqu'à l'incandescence un filament métallique, matérialisant ainsi l'effet calorifique du courant électrique.

Applications : éclairage, chauffage, fusible, chauffe-eau, thermostat...

## L'effet magnétique du courant électrique

Approchée d'un conducteur traversé par un courant électrique, l'aiguille aimantée d'une boussole dévie. C'est l'effet magnétique du courant électrique, riche d'applications : les moteurs électriques, les transformateurs, l'électro-aimant et ses utilisations (relais, contacteurs, télérupteurs, sonnettes...).

Cet effet peut être inversé : en tournant mécaniquement une dynamo, qui contient un aimant, on génère un courant électrique.

## L'effet chimique du courant électrique

On observe le passage d'un courant électrique entre deux électrodes plongées dans une solution saline, dite électrolyte. Il y a donc transfert de charges de l'une vers l'autre.

C'est l'effet d'électrolyse, aux nombreuses utilisations industrielles : galvanoplastie, raffinage de métaux, dépôts métalliques sur d'autres métaux...

Cet effet peut également être inversé : un électrolyte permet de générer un courant électrique aux bornes de deux électrodes. Il constitue une pile ou une batterie.

# Les valeurs caractéristiques du courant électrique

L'électricité existe à l'état naturel. C'est la manifestation d'un déséquilibre de charges positives et négatives, dites électrostatiques. Le rééquilibrage est parfois violent et entraîne des phénomènes spectaculaires tels que la foudre.

Sous la forme domestiquée, il est convenu de distinguer deux sortes de courants :

## Le courant continu

Il est usuellement produit par l'activité chimique d'un électrolyte, batterie ou pile. Il présente un pôle **positif** ! et un pôle **négatif** @ .

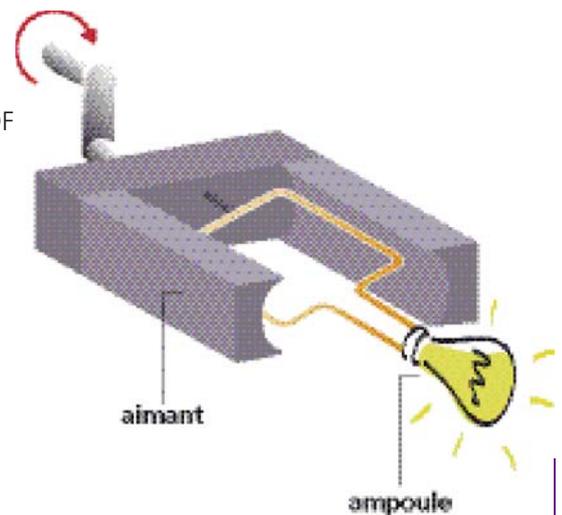
## Le courant alternatif

Les pôles ! et @ s'inversent de façon alternative un certain nombre de fois par seconde.

Ce nombre définit la fréquence du courant, exprimée en hertz (symbole Hz). La fréquence du courant produit et distribué par EDF est de 50 Hz.

En courant alternatif, aux notions de pôles ! et @ se substituent celles de **phase** et **neutre**. L'inversion des pôles est réalisée par un alternateur qui utilise l'effet magnétique du courant.

### Comment produire simplement un courant alternatif ?



*La rotation, autour d'elle-même, d'une boucle de cuivre entre les pôles d'un aimant donne naissance à un courant d'intensité variable. Ce courant arrive alternativement dans un sens puis dans l'autre. Il alimente une ampoule qui s'allume et s'éteint de façon cyclique.*

## La différence de potentiel ou tension

Dans l'exemple du générateur, on constate une surconcentration de charges sur un pôle par rapport à l'autre. Ce déséquilibre de charges est appelé différence de potentiel. C'est une grandeur mesurable, également nommée **tension**, qui s'exprime en volts (symbole V). En France, en courant alternatif, elle est égale à 230 V aux bornes d'une prise de courant. En continu, aux bornes d'une batterie d'automobile, elle est égale à 12 V.

## L'intensité

Dans l'exemple du générateur qui allume une ampoule, le débit des charges électriques constitue également une grandeur mesurable : **l'intensité**. Elle s'exprime en ampères (symbole A) ou en milliampères (1 mA équivaut à 0,001 A).

## La résistance

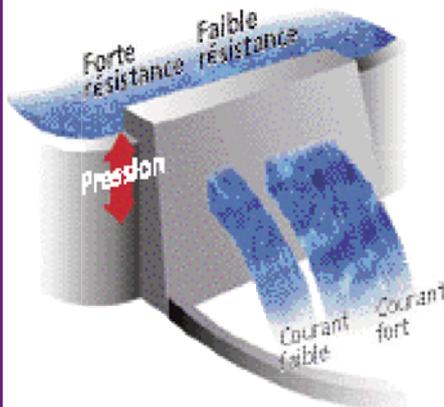
Un fil électrique en cuivre mis sous tension ne donne pas de lumière. On peut considérer qu'il est trop bon conducteur pour cela. Il faut intercaler un filament d'un métal moins bon conducteur, c'est-à-dire qui offre une plus grande opposition à la circulation du courant. Il se produit alors un échauffement suffisant pour le porter à l'incandescence. Cette plus ou moins grande difficulté qu'oppose un matériau au passage du flux de charges constitue une grandeur mesurable. C'est la résistance. Elle s'exprime en ohms (symbole  $\Omega$ ). Son équivalent est l'impédance dans le cas du courant alternatif.

# Il existe des relations entre ces grandeurs

On constate que, soumis à une différence de potentiel (U) constante, le débit de charges électriques, c'est-à-dire l'intensité (I), varie en proportion inverse de la résistance (R) qu'oppose le conducteur. Autrement dit, plus la résistance est faible, plus l'intensité du courant qui peut passer est importante.

Cette relation mathématique s'appelle la loi d'Ohm et s'exprime par la formule :  $U = R \times I$ .

« Le courant, c'est comme l'eau »



**Comparons le courant électrique à un fleuve : le débit représente l'intensité et la différence de niveau d'eau la tension. Imaginons un barrage : la pression existe sans qu'il y ait nécessairement circulation d'eau. Pour l'électricité, c'est la même chose : on mesure une tension aux bornes d'une prise, qu'un appareil électrique soit ou non branché. Poursuivons l'analogie : si l'on perce la paroi du barrage, plus le trou sera grand (c'est-à-dire, plus la résistance au passage de l'eau sera faible), plus le débit sera fort.**

## L'énergie

C'est la puissance disponible pendant un temps donné. Sur le compteur électrique, elle est exprimée en kilowattheures (symbole kW x h).

## La puissance

C'est le débit d'énergie. Elle caractérise la capacité d'une machine à consommer ou à produire une certaine quantité d'énergie par unité de temps donnée.

Exprimée en watts (symbole W) ou en kilowatts (1 kW équivaut à 1 000 W), la puissance (P) est égale au produit de la tension par l'intensité du courant :  $P = U \times I$ .

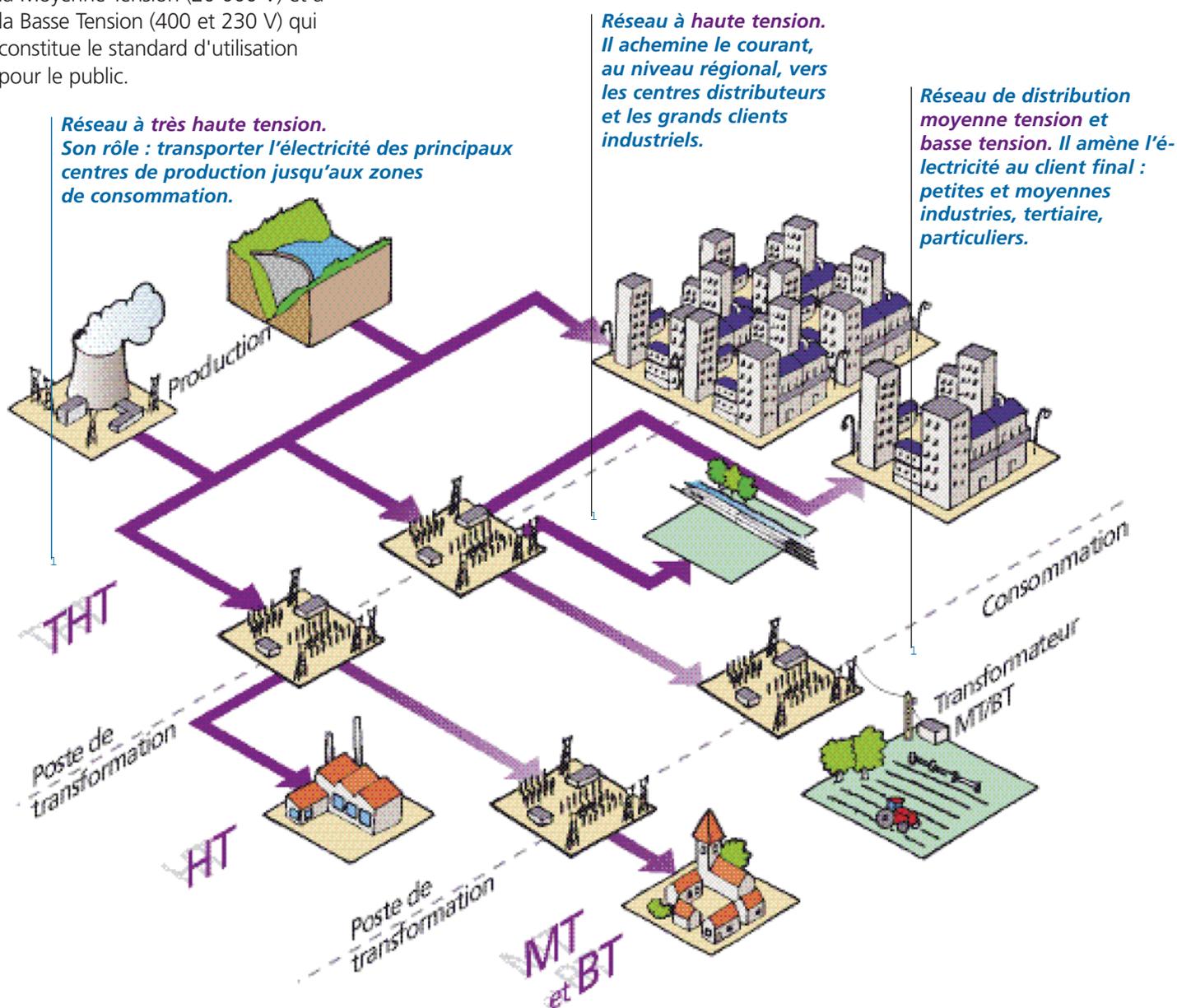
# Le transport et la distribution de l'électricité

L'énergie électrique industrielle ne se stocke pas. Il est donc nécessaire qu'un équilibre aussi parfait que possible soit établi, à tout instant, entre production et consommation.

Le courant électrique est acheminé, des centres de production jusqu'aux utilisateurs, grâce à un réseau de conducteurs, le plus souvent portés par des pylônes. Sur ce parcours, des postes de transformation permettent de passer de la Très Haute Tension (400 000 et 225 000 V) à la Haute Tension (90 000 et 63 000 V), puis à la Moyenne Tension (20 000 V) et à la Basse Tension (400 et 230 V) qui constitue le standard d'utilisation pour le public.



**Transport de l'électricité : de la production à la consommation**



# Les règles de base d'une bonne installation électrique

L'installation électrique des particuliers commence aux bornes de sortie du disjoncteur général. Ce chapitre en décrit les principaux éléments constitutifs. Quelques critères simples qui permettent d'assurer la sécurité de l'installation sont rappelés.

## La phase

C'est le fil qui amène le courant. Il doit être soigneusement isolé. Sa couleur normalisée est le rouge. Dans le cas de l'alimentation en 400 V triphasé (alimentation des moteurs par exemple), trois phases sont nécessaires. Leurs couleurs normalisées sont le rouge, le noir et le brun.

## Le neutre

C'est le fil de retour du courant au réseau de distribution. Celui qui ferme la boucle et permet au courant de circuler dans les appareils. Sa couleur normalisée est le bleu clair.

## Le disjoncteur différentiel

Dans les conditions normales de fonctionnement, la quantité d'électricité qui sort de l'installation est égale à la quantité qui est entrée. **Néanmoins, des fuites sont inhérentes à tout matériel.** Même pour les équipements neufs, elles sont estimées à 1 mA par kW de puissance. Au-delà, l'installation présente un défaut. Les fuites de courant peuvent alors être dangereuses. Le rôle du disjoncteur différentiel est de vérifier cet équilibre entrée/sortie et de couper l'alimentation dès que la différence atteint le seuil critique préconisé. Le disjoncteur combine deux fonctions en assurant également la coupure de l'alimentation en cas de surcharge (courts-circuits par exemple). L'installation doit comporter un disjoncteur général facilement et rapidement accessible.

## La terre

Elle est obligatoire car, associée au disjoncteur différentiel, elle constitue un élément primordial de la sécurité. En effet, elle permet d'évacuer les fuites de courant accidentelles et de provoquer alors la coupure de l'alimentation.

C'est, de préférence, pour les bâtiments neufs, une boucle avec un câble en cuivre de 25 mm<sup>2</sup> de section disposée à fond de fouille ceinturant le périmètre des bâtiments ou, au minimum, un piquet métallique planté dans le sol. On ne doit, en aucun cas, la remplacer par un élément métallique destiné à un autre usage, une canalisation d'eau ou une charpente par exemple.

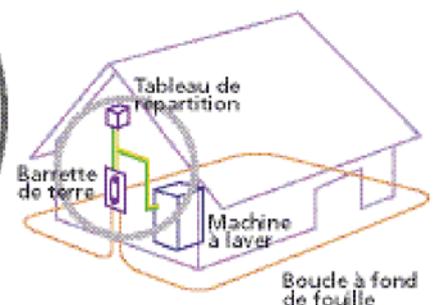
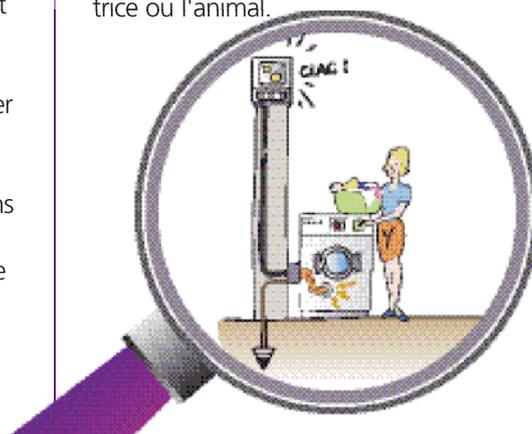
Toutes les prises de terre d'un bâtiment doivent être reliées entre elles. La valeur de la résistance de terre doit être vérifiée périodiquement par un électricien à l'aide d'appareils de mesures spécifiques (voir page 24).

La couleur normalisée du fil de terre est le bicolore jaune et vert.

## La masse

C'est l'ensemble des parties métalliques des différents appareils électriques. Celles-ci doivent être **impérativement reliées à la terre** pour éviter, en cas de défaut d'isolement, que le courant traverse la personne utilisatrice ou l'animal.

*Par suite d'un défaut d'isolement, l'habillage métallique de l'appareil est accidentellement sous tension. Le courant part à la terre et le disjoncteur différentiel coupe immédiatement l'alimentation électrique de l'appareil. Tout danger est écarté surtout si la prise de terre est reliée à une boucle enterrée entourant le bâtiment.*



## Liaison équipotentielle principale

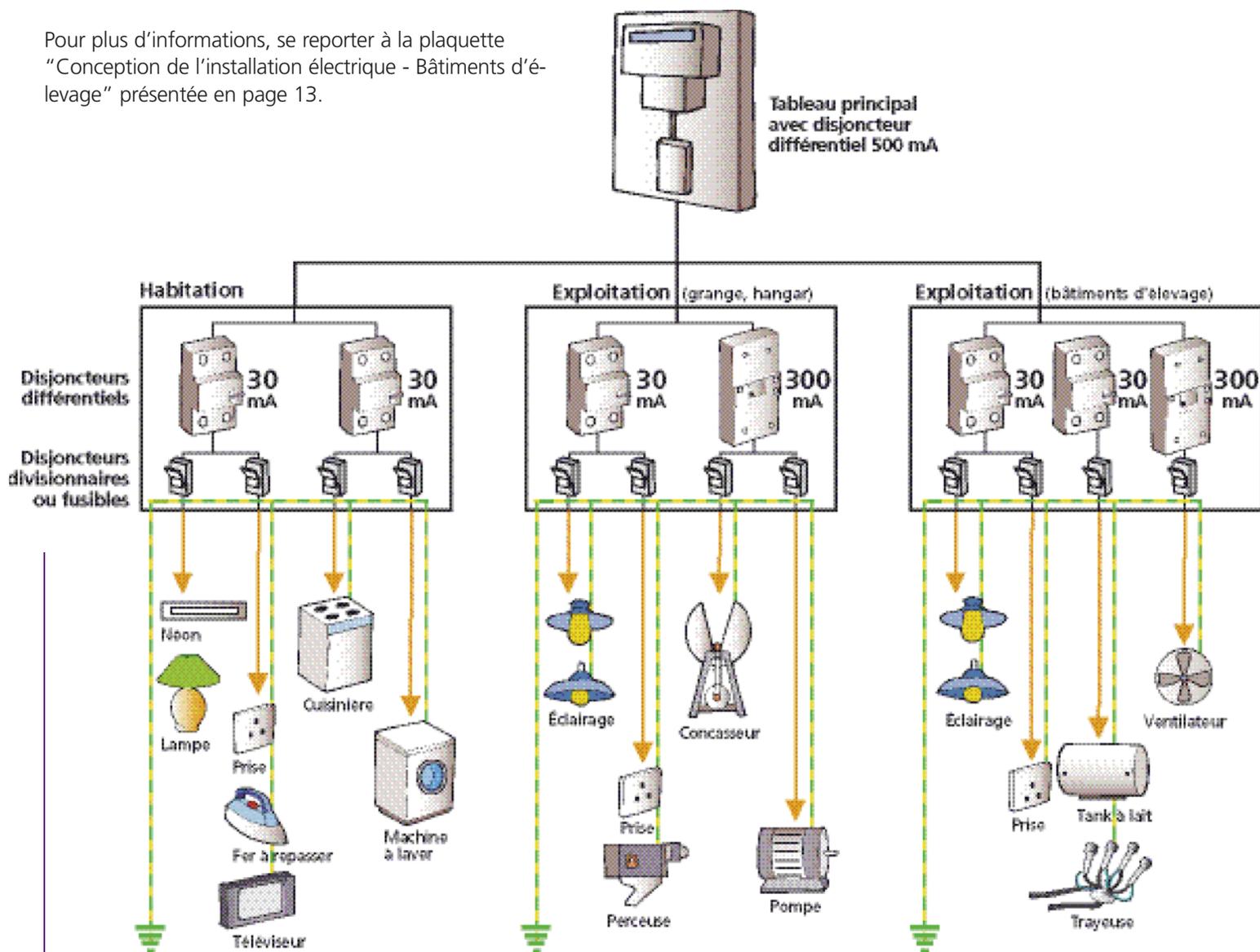
Dans tous les bâtiments, y compris ceux qui reçoivent des animaux, une liaison conductrice doit être établie entre tous les éléments métalliques (tuyauteries, charpentes, stalles...). Cette liaison, dite équipotentielle, permet d'éviter que, par suite d'un défaut d'isolement une différence de potentiel n'apparaisse entre les éléments conducteurs.

## Le tableau de répartition et de protection

L'installation se subdivise en circuits principaux alimentant séparément l'habitation et les différents bâtiments de l'exploitation. Chacun de ces circuits principaux doit être protégé, à son origine, par un dispositif différentiel. Chaque circuit terminal doit être protégé par un dispositif de protection contre les sur-intensités (fusibles ou disjoncteurs).

### Conception d'une bonne installation électrique

Pour plus d'informations, se reporter à la plaquette "Conception de l'installation électrique - Bâtiments d'élevage" présentée en page 13.



**L'installation doit être divisée en circuits spécialisés protégés de manière spécifique. Tout équipement (appareils et prises) doit être systématiquement relié à la terre.**

## Protection contre la foudre

Il s'agit de maîtriser l'écoulement des courants générés par la foudre ainsi que leurs effets indirects sur les réseaux électriques basse tension.

Elle nécessite l'installation de :

- > paratonnerres, en prévention des effets directs de la foudre,
- > parafoudres, en prévention des effets indirects de surtensions.

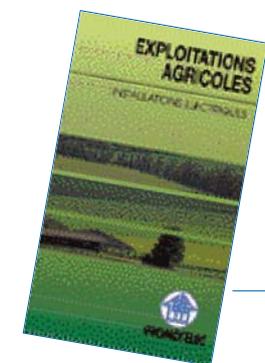
## Canalisations électriques

La section des fils électriques doit être adaptée à la puissance des appareils. Ils doivent être protégés mécaniquement par une canalisation fixée aux parois du bâtiment.

Pour en savoir plus, vous pouvez vous reporter à ces 2 brochures :

### « Conception de l'installation électrique - Bâtiments d'élevage »

Document payant auprès de PROMOTELEC et des caisses régionales de GROUPAMA



### « Exploitations agricoles - Installations électriques »

Document payant auprès de PROMOTELEC

# Fuites de courant des installations électriques

Voir annexe 2

Dans certains pays, comme les États-Unis ou le Canada, le neutre est raccordé à la prise de terre chez le consommateur. Le courant retourne donc au réseau par le fil du neutre, mais aussi par la terre et les masses qui lui sont raccordées. Des courants dits vagabonds, ou parasites, sont donc fréquents. Ils peuvent être la cause de tensions parasites.

En France, tout comme la phase, le neutre est soigneusement isolé de la terre et des masses. De ce fait, dans le cadre d'une installation bien conçue, les courants vagabonds éventuels ne peuvent être qu'inférieurs à la sensibilité du dispositif différentiel.



# Les phénomènes électriques parasites

## Les phénomènes électriques et magnétiques sont des composantes indissociables du milieu dans lequel nous vivons.

Certains sont naturels.  
Ce sont, par exemple :

- > les courants telluriques,
- > le champ magnétique terrestre qui oriente l'aiguille aimantée de la boussole,
- > le champ électrique atmosphérique avec sa manifestation la plus spectaculaire pendant les orages : la foudre,
- > les décharges électrostatiques,
- > la lumière du soleil,
- > le rayonnement cosmique...

D'autres ont pour origine la domestication et l'utilisation de l'électricité. Celles-ci entraînent automatiquement des phénomènes électriques, parfois perturbants et dits alors parasites, mais toujours parfaitement connus.

# Des phénomènes présents au quotidien, dans chaque habitation

## Champs électriques

Un conducteur soumis à une tension, ou un appareil lorsqu'il est branché, s'environne d'un champ électrique dont l'intensité est fonction de la tension qui le génère. Ce champ reste le même, que le courant passe ou non.

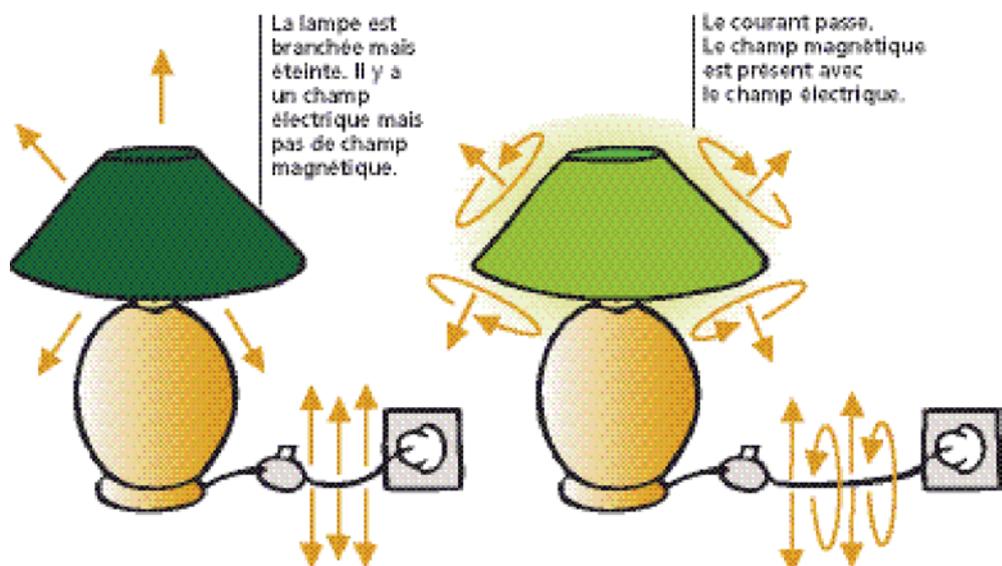
L'intensité du champ se mesure en volts par mètre (V/m) et décroît très vite avec la distance. Sa valeur en un point donné peut être connue par le calcul. Le champ électrique est arrêté par le moindre obstacle conducteur (bâtiment, arbre...).

## Champs magnétiques

Lorsque le courant passe (c'est-à-dire quand l'appareil fonctionne), un champ magnétique apparaît. Son intensité est proportionnelle à celle du courant électrique. Elle se mesure en tesla (T) ou, usuellement, en microtesla ( $\mu\text{T}$ ), c'est-à-dire 0,000 001 T. Les matériaux courants n'arrêtent pratiquement pas les champs magnétiques.

Voir annexe 3

La combinaison de ces deux champs conduit à parler de « champ électromagnétique ».



## Exemples de champs électriques et magnétiques à 50 Hz pour des équipements domestiques et d'élevage

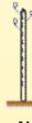
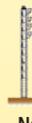
**Champs électriques (en V/m)    Champs magnétiques (en m T)**

Chaîne stéréo		90	Rasoir		500
Téléviseur		60	Sèche-cheveux		100
Grille-pain		40	Téléviseur		2,00
Sèche-cheveux		40	Distributeur de lait		1,50
Tank à lait		10	Micro-ordinateur		1,40
Micro-ordinateur		Négligeable	Chaîne stéréo		1,00
Trayeuse		Négligeable	Grille-pain		0,80
Rasoir		Négligeable	Tank à lait		0,25
Distributeur de lait		Négligeable	Trayeuse		Négligeable

Il s'agit de valeurs maximales mesurées à 30 centimètres, sauf pour les appareils qui impliquent une utilisation rapprochée.

## Exemples de champs électriques et magnétiques à 50 Hz pour des lignes électriques aériennes

**Champs électriques (en V/m)    Champs magnétiques (en m T)**

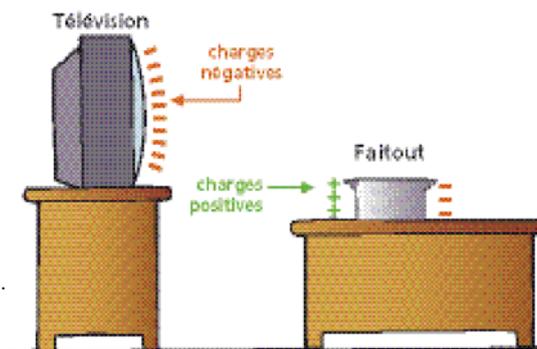
<b>Lignes à 400 000 volts</b>			<b>Lignes à 400 000 volts</b>		
sous la ligne		5 000	sous la ligne		30
à 30 mètres de l'axe		2 000	à 30 mètres de l'axe		12
à 100 mètres de l'axe		200	à 100 mètres de l'axe		1,2
<b>Lignes à 225 000 volts</b>			<b>Lignes à 225 000 volts</b>		
sous la ligne		3 000	sous la ligne		20
à 30 mètres de l'axe		400	à 30 mètres de l'axe		3
à 100 mètres de l'axe		40	à 100 mètres de l'axe		0,3
<b>Lignes à 90 000 volts</b>			<b>Lignes à 90 000 volts</b>		
sous la ligne		1 000	sous la ligne		10
à 30 mètres de l'axe		100	à 30 mètres de l'axe		1
à 100 mètres de l'axe		10	à 100 mètres de l'axe		0,1
<b>Lignes à 20 000 volts</b>			<b>Lignes à 20 000 volts</b>		
sous la ligne		250	sous la ligne		6
à 30 mètres de l'axe		10	à 30 mètres de l'axe		0,2
à 100 mètres de l'axe		Négligeable	à 100 mètres de l'axe		Négligeable
<b>Basse tension</b>			<b>Basse tension</b>		
sous la ligne		9	sous la ligne		0,4
à 30 mètres de l'axe		0,3	à 30 mètres de l'axe		Négligeable
à 100 mètres de l'axe		Négligeable	à 100 mètres de l'axe		Négligeable

Le champ électrique produit par les lignes aériennes est nul à l'intérieur des bâtiments. Le champ magnétique est fonction du courant électrique, les valeurs présentées correspondent aux intensités les plus fortes rencontrées sur le réseau.

## Les phénomènes d'induction

Champs électriques et champs magnétiques interagissent avec les structures métalliques situées à proximité. On est alors en présence de phénomènes d'induction.

Le **champ électrique** modifie la répartition des charges électriques à la surface de structures métalliques. Il **induit** donc une différence de potentiel qui dépend de l'intensité du champ et de l'importance de la surface métallique. On parle d'**induction électrostatique** (ou de **couplage capacitif**).



*Les charges négatives naturellement présentes sur l'écran de télévision modifient la répartition des charges sur le faitout situé à proximité, sans que les deux objets ne soient reliés par un circuit électrique.*

Les variations d'un **champ magnétique induit** un courant dans toute structure métallique configurée en forme de boucle fermée. C'est l'**induction** (ou **couplage électromagnétique**). Si la boucle est ouverte, il ne circule pas de courant, mais une tension est créée à ses extrémités.

Ce phénomène est proportionnel à l'ampleur des variations du champ magnétique et à la surface de boucle. Il est à la base du fonctionnement de nombreux appareils électriques, notamment des transformateurs et des moteurs électriques à courant alternatif.

**Tous les appareils électriques de la maison ou de l'exploitation sont sources de ces phénomènes d'induction électrique et magnétique.**

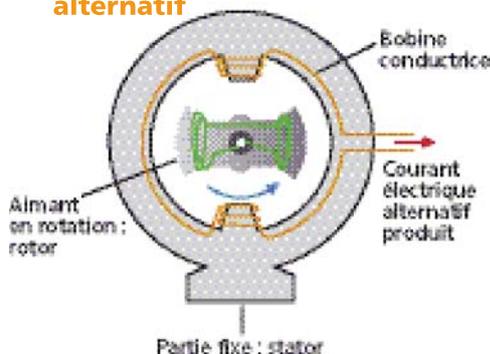
# L'élevage, lieu amplificateur des phénomènes électriques parasites

## Les ondes électromagnétiques

Pour des fréquences élevées, bien supérieures à 50 Hz, le champ électrique et le champ magnétique s'associent pour donner naissance à une onde électromagnétique qui se propage dans l'espace. On parle alors de rayonnement. Plus la fréquence est grande et plus l'onde produite peut avoir des effets perturbants sur les appareillages électroniques sensibles, et ceci même pour des niveaux relativement faibles de champs.

Les moyens de communication modernes (télévision, transmissions radio, téléphonie mobile) utilisent la propagation des ondes électromagnétiques.

## Principe du fonctionnement d'un générateur de courant alternatif



*La rotation de l'aimant crée un champ magnétique variable à l'intérieur du stator. Cette variation de champ induit un courant alternatif dans les bobines de fils conducteurs. C'est selon ce principe que fonctionnent les alternateurs des groupes électrogènes.*

Dans le cadre de l'exploitation d'élevage, les nombreux équipements électriques et électroniques, le nombre important de structures et de matériels métalliques, les clôtures, etc. sont des facteurs favorisant l'apparition des phénomènes électriques parasites d'une ampleur parfois significative. Le respect des règles d'une bonne installation électrique permet d'éviter la grande majorité d'entre eux.

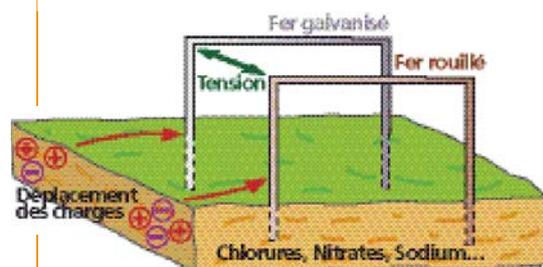
Il est utile de souligner que les installations électriques des élevages et les diverses structures métalliques sont exposées aux intempéries, à l'humidité, aux poussières, aux chocs, à la corrosion notamment par les lisiers, les aliments et les engrais... Ceci accélère leur vieillissement et leur dégradation et, par conséquent, augmente les risques d'incidents d'origine électrique.

L'atelier d'exploitation constitue aussi un milieu propice à la formation de nouveaux phénomènes tels que le couplage électrochimique et la décharge électrostatique.

## Le couplage électrochimique

Certains produits utilisés ou générés par l'exploitation (engrais chimiques, lisiers, etc.) se comportent, dans un sol humide, comme l'électrolyte d'une batterie. En présence de métaux, il se produit une migration de charges positives et négatives. Un sol initialement isolant peut alors devenir conducteur. On peut également assister à la dégradation accélérée de pièces métalliques enfouies (canalisations, poteaux métalliques...) par effet d'électrolyse. Ceci se traduit par l'apparition de tensions continues de faible niveau allant jusqu'à 1 ou 2 V.

### L'effet de pile



## La décharge électrostatique

C'est l'évacuation instantanée à la terre d'une charge d'électricité statique accumulée sur des matériaux, le plus souvent à la suite de frottements (courroies isolantes, tapis roulants, etc.). Elle peut se manifester par une « poignée de châtaignes » mais aussi, ce qui est plus grave, déclencher une explosion de vapeurs ou de poussières inflammables. Ceci peut se produire lors de transvasements (d'hydrocarbures, d'aliments en poudre, de farine, etc.) ou dans des endroits confinés (poussières dans les silos, etc.). Il convient de s'en protéger par l'évacuation permanente des charges électriques à l'aide d'une bonne mise à la terre et par l'utilisation de matériaux suffisamment conducteurs.

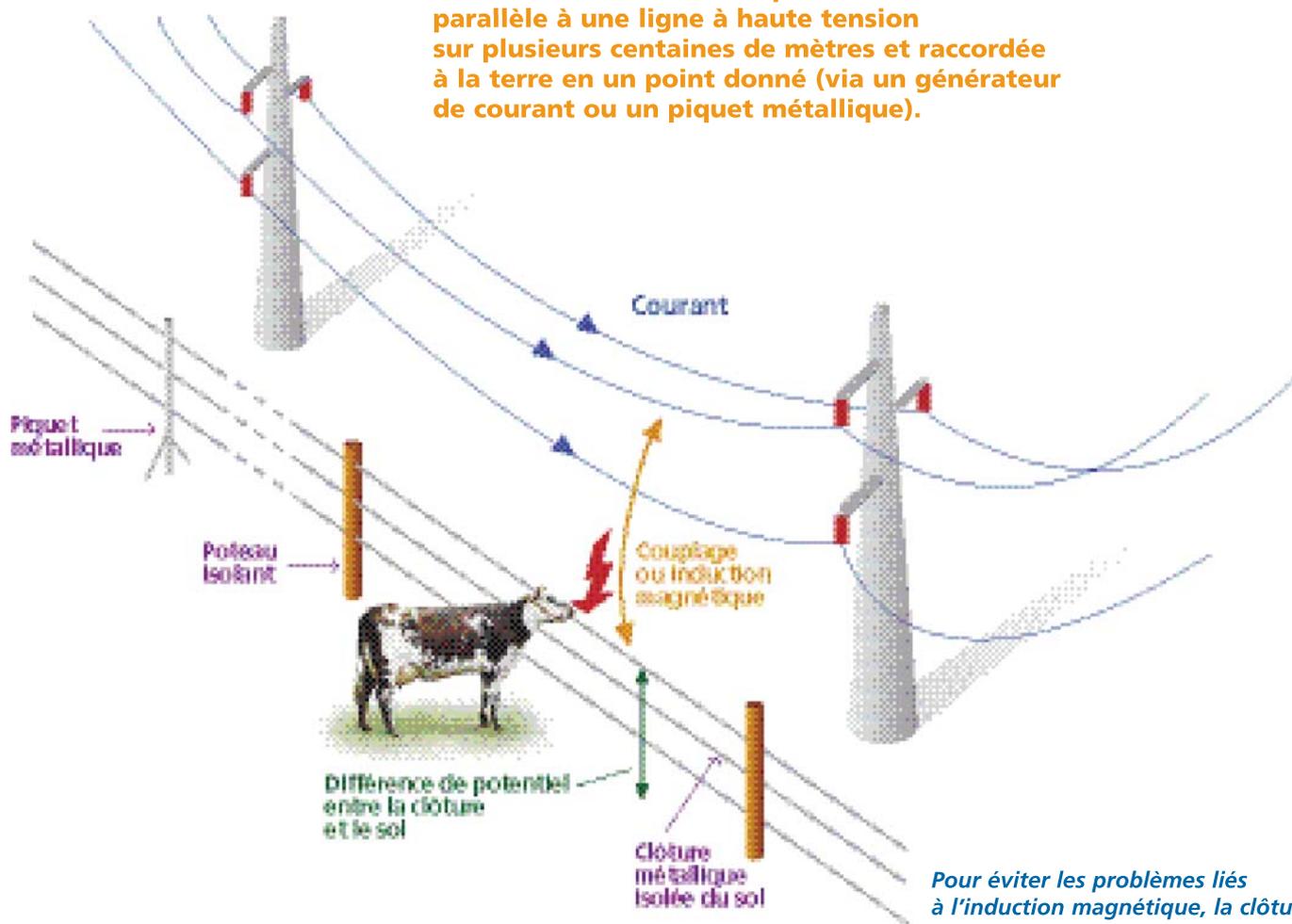
# Les infrastructures externes à l'exploitation, facteurs de phénomènes électriques parasites

Les infrastructures de transport et de distribution de l'électricité sont aussi à l'origine de champs électriques et magnétiques et donc de phénomènes d'induction électrostatique et magnétique. Il convient donc de prendre, à leur proximité, quelques dispositions simples pour se prémunir de leurs effets éventuels.

Voir annexes 4 et 5

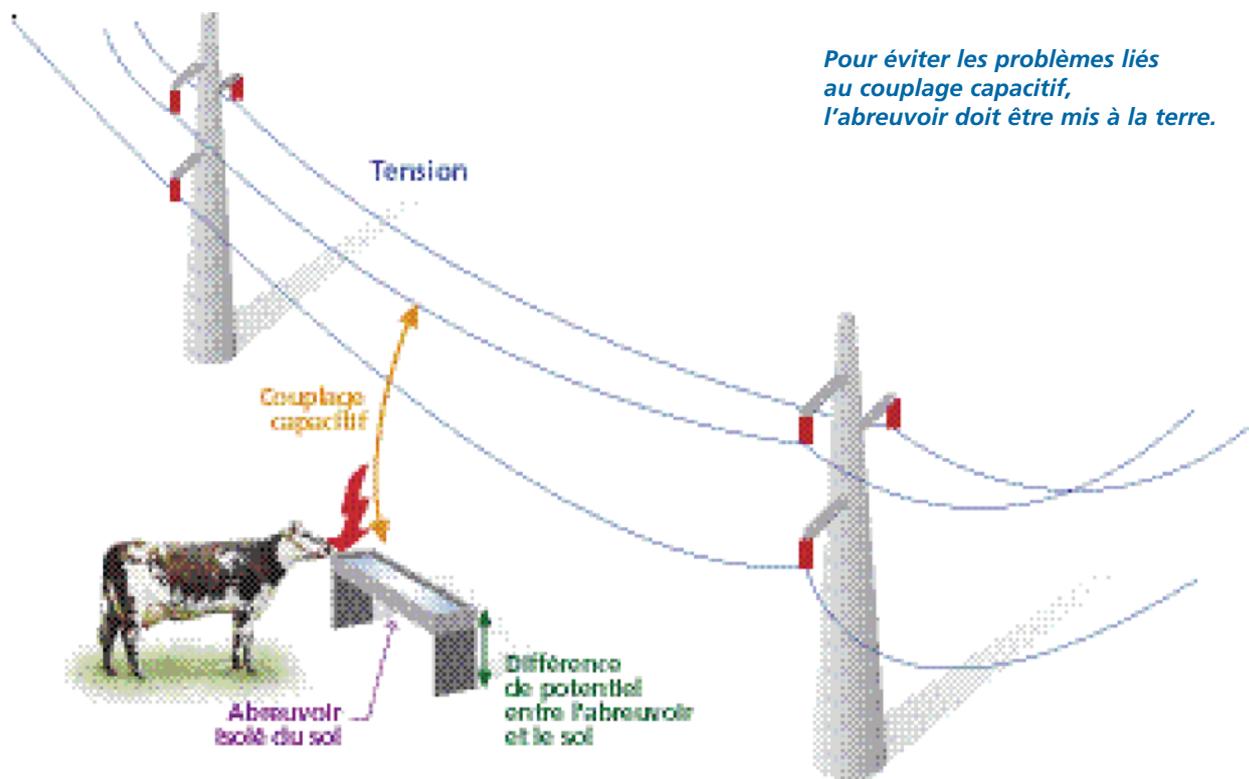


**Cas d'une clôture métallique, isolée du sol, parallèle à une ligne à haute tension sur plusieurs centaines de mètres et raccordée à la terre en un point donné (via un générateur de courant ou un piquet métallique).**



*Pour éviter les problèmes liés à l'induction magnétique, la clôture doit être mise à la terre à intervalles réguliers, par des poteaux métalliques par exemple. Si cela s'avère insuffisant, il convient d'interrompre la clôture par des éléments non conducteurs.*

**Cas d'un abreuvoir métallique, isolé du sol, situé sous une ligne à haute tension**



Pour éviter les problèmes liés au couplage capacitif, l'abreuvoir doit être mis à la terre.

D'autres phénomènes électriques particuliers peuvent être engendrés par diverses infrastructures externes à l'exploitation.

**Les courants vagabonds**

Ils peuvent avoir différentes origines, volontaires ou non.

- > L'utilisation de la terre comme conducteur gratuit. Exemples : mise à la terre du neutre des réseaux électriques, courant de retour des clôtures électriques.
  - > L'évacuation des courants de fuite des installations mal isolées. Exemple : rails des voies ferrées servant de retour au courant qui alimente les motrices des trains.
- Un courant vagabond peut donc parcourir le sol ou les structures conductrices d'une exploitation et provoquer des tensions parasites qui, selon leur valeur, sont susceptibles de perturber les animaux.

**Le couplage par rayonnement**

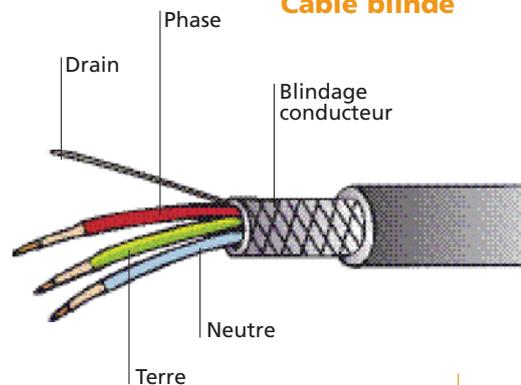
Certains vieux appareils électriques, principalement ceux qui utilisent des moteurs, peuvent être des sources d'ondes électromagnétiques parasites. Ils sont alors susceptibles de perturber le fonctionnement des appareils électroniques sensibles (cartes électroniques des machines à traire, des robots confectionnant le lait pour les veaux, etc.).

La proximité d'infrastructures de télécommunication peut également engendrer des dysfonctionnements des appareils électroniques de l'exploitation.

Il convient de protéger tous les équipements contenant des cartes électroniques dans des armoires métalliques, maintenues hermétiquement fermées et mises à la terre.

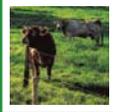
Il est nécessaire d'utiliser des câbles blindés pour relier les armoires entre elles.

**Câble blindé**



Le blindage métallique disposé autour des fils conducteurs protège le câble des influences électriques externes. Ce blindage est mis à la terre en un point au moyen d'un drain de cuivre.

Voir annexe 7

**Effets des phénomènes électriques parasites  
sur les  animaux**

# Les manifestations des courants parasites

Pratiquement tous les phénomènes électriques ont en commun de pouvoir générer des tensions parasites. Leurs effets sont donc essentiellement liés à l'apparition accidentelle, dans le corps de l'animal, du courant créé par ces tensions. Ces incidents peuvent survenir du fait :

- > d'un dysfonctionnement des dispositifs de prévention (défaut de masse d'un appareil non mis à la terre...),
- > ou, face à une situation particulière, de carences dans la mise en œuvre de dispositions simples (absence de mise à la terre d'un hangar métallique...).

Les courants parasites ne causent pas directement de maladies chez les animaux. Ils peuvent cependant provoquer de l'inconfort qui, dans certains cas, est cause de stress.

Lorsque plusieurs facteurs de risques de natures différentes se manifestent simultanément au sein de l'élevage, les animaux peuvent se retrouver dans un état de stress qui, à la longue, peut amoindrir leur résistance aux maladies.

La présence de tensions parasites susceptibles de perturber les animaux est le signe d'un dysfonctionnement ou d'une détérioration des installations, voire d'une carence, qu'il convient alors de diagnostiquer afin d'y remédier rapidement.

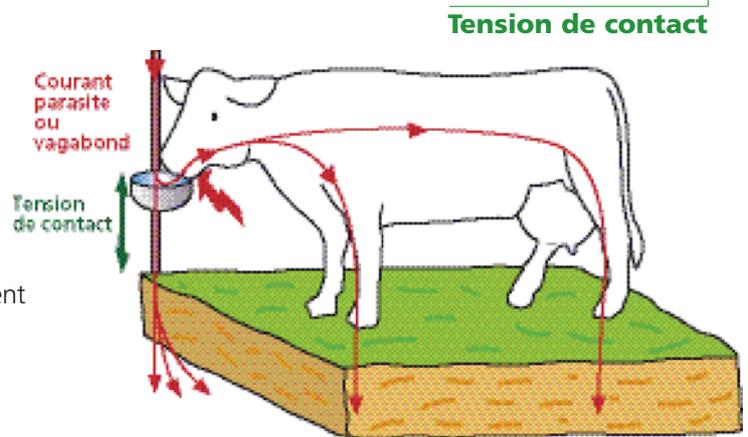
Des phénomènes accidentels :  
électrisation, électrocution,  
foudroiement.

Si l'électrisation est un phénomène sans gravité, le foudroiement et l'électrocution sont des accidents très graves, le plus souvent mortels, mais fort heureusement exceptionnels. Ils surviennent lors de concours de circonstances résultant de l'imprévoyance ou de la négligence. L'extension de l'usage de l'électricité entraîne une certaine banalisation du risque et l'oubli qu'un contact direct avec un fil à 230 volts peut tuer.

À l'opposé des cas extrêmes évoqués dans l'encadré, il s'agit de courants provoqués par des niveaux de tension souvent imperceptibles par l'homme mais ressentis par les animaux, dont le museau et les pattes, en général humides, sont très conducteurs. Ceux-ci peuvent être en contact avec des dispositifs soit présentant des défauts d'isolement (par exemple, la machine à traire), soit facilitant le passage ou l'émergence de courants parasites (mangeoire, abreuvoir automatique...). Les courants parasites se manifestent de deux manières :

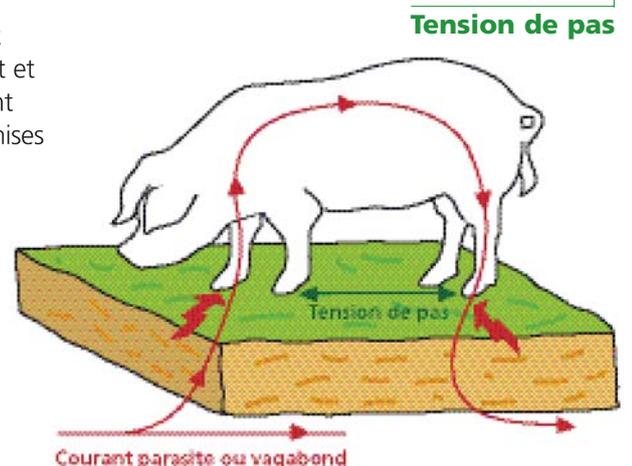
## Courant lié à la tension de contact

Il s'agit de la tension pouvant survenir entre le corps de l'animal et un élément métallique, abreuvoir ou clôture par exemple. Un courant traverse alors l'animal et revient au sol par ses pattes.



## Courant lié à la tension de pas

Il s'agit de la tension pouvant survenir entre les pattes avant et arrière de l'animal. Un courant s'établit entre les pattes soumises à cette tension.



# Quelques exemples de symptômes observables

Selon le contexte d'apparition de comportements anormaux, les symptômes de stress qui peuvent être observés chez les animaux sont divers. Ils ne sont pas spécifiques ni nécessairement liés à des perturbations d'origine électrique.

## Chez la vache

- > Nervosité
- > Tremblements
- > Poil hérissé (horripilation)
- > Réduction de l'abreuvement
- > Période de traite allongée
- > Hésitation, refus d'entrer en salle de traite ou fuite en sortie
- > Traites inégales
- > Nombre de cellules somatiques élevé dans le lait
- > Mammites chroniques...



## Chez le porc

- > Diminution de poids
- > Croissance ralentie
- > Empilage des porcelets
- > Agressivité
- > Cannibalisme
- > Porcs sales
- > Dysenterie, entérite...



En présence de symptômes inquiétants, une expertise sérieuse de la santé animale doit être prioritairement conduite. Des causes liées à d'éventuelles anomalies électriques sont à rechercher dans un second temps.

Voir annexe 1

## Les seuils de sensibilité et de danger pour les animaux

### Mesures en tension ou mesures en courant ?

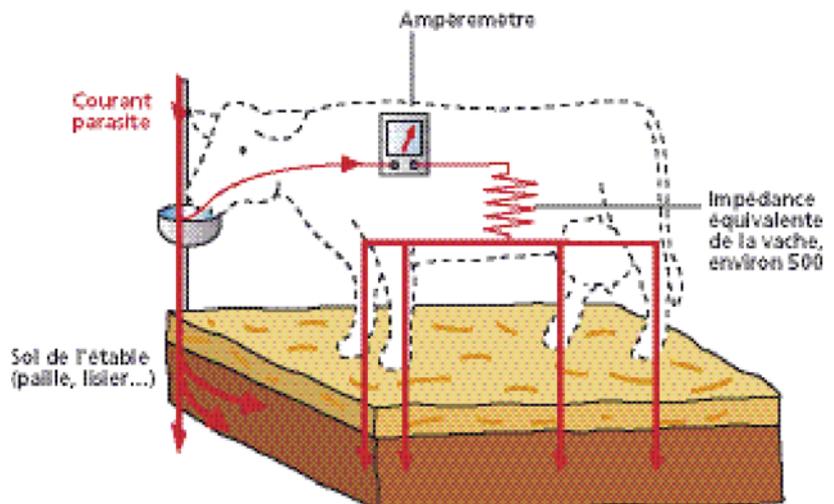
Les mesures en tension sont d'un abord plus direct que les mesures en courant, mais **c'est avant tout au passage du courant que les êtres vivants sont sensibles**. Si la tension est, dans certains cas, un indicateur déterminant le courant qui pourra s'établir à travers le corps de l'animal, elle peut être sans signification si on mesure des différences de potentiel entre des points électriquement indépendants. La résistance du circuit ou mieux, son impédance puisque l'on est en courant alternatif, joue un rôle déterminant. Celle-ci comprend, outre l'impédance de la source, l'impédance corporelle de l'animal et l'impédance entre l'animal et les points de contact (sol, abreuvoir...).

La mesure de tension obtenue dépend de nombreux paramètres : caractéristiques des appareils de mesures, nature de la source électrique... Son interprétation doit donc être prudente.

Il faut donc préférer **les mesures en courant entre deux points que l'animal peut toucher simultanément**, au travers d'une impédance de quelques centaines d'ohms (500 pour une vache), représentative de celle de la bête.

Pour une valeur de courant donnée, la perception dépend du temps de passage. Les courants très brefs sont moins bien perçus par l'animal que des courants permanents.

Voir annexe 8



**Pour être représentative, la mesure de courant s'effectue entre deux points de contact : ici l'abreuvoir et le sol.**

## Seuils de perception

Les seuils de perception des phénomènes électriques sont relativement faciles à déterminer. Ils provoquent une réaction visible, un frémissement par exemple. La circulation d'un courant d'1 milliampère environ correspond au seuil de perception.

Puisque l'impédance corporelle est approximativement de 500 ohms, la tension seuil est voisine de 0,5 volt.

La tension seuil n'est qu'un indicateur déterminant le courant qui pourra s'établir à travers le corps de l'animal.

## Seuils de perturbation

Le seuil à partir duquel l'animal est perturbé, et en conséquence sa production diminuée, est plus difficile à apprécier.

Une accoutumance peut s'installer et seules des valeurs plus élevées seront susceptibles d'entraîner des troubles.

## Les valeurs qui seraient représentatives des seuils de nocivité

**Chez les bovins :** Les études réalisées montrent que pour des tensions de 4 à 5 volts appliquées entre le museau et les pattes, il n'y a pas de baisse de l'abreuvement ni de la production. Il en est de même des courants de 5 à 8 milliampères, pour des impédances corporelles (résistance de l'animal) comprises entre 500 et 1 000 ohms.

Les tensions correspondantes peuvent être déterminées en fonction de l'impédance corporelle de l'animal.

### CAS PARTICULIER DES VACHES LAITIÈRES

Intensité exprimée en milliampères	Ce que l'animal ressent	Répercussion sur la production
de 0 à 1	pas de perception	pas de baisse de production
de 1 à 4	perception	
de 4 à 6	sensation de sévérité modérée	
au-delà de 6	sensation sévère susceptible de provoquer un changement physiologique	possible baisse de production

*Des vaches laitières ont été soumises à différentes valeurs d'intensité de courant. Leurs réactions ont été étudiées. L'influence des intensités sur la production de lait a été analysée. Comme le montre le tableau, aucune baisse de production n'a été observée jusqu'à 6 milliampères.*

**Chez les porcs :** Des modifications du temps et du volume de boisson ont été observées à partir de 3 à 4 volts, appliqués entre le groin et les pattes. Mais, dans les conditions d'élevage, les causes de variations du seuil de perception sont nombreuses : la nature du sol, qui favorise plus ou moins le passage du courant, l'âge, le poids des animaux, etc.

En matière de seuil de perturbation, il apparaît que des tensions de 5 à 8 volts n'entraînent pas d'effet sur l'état de santé des porcs ni de réduction de la production.

**En résumé, il est bien établi que, chez les animaux, la perception de phénomènes électriques ne signifie pas systématiquement perturbation de la santé et altération de la production. Elle est, toutefois, un bon révélateur de l'existence d'un dysfonctionnement de nature électrique auquel il faut remédier sans délai.**



# La mesure des phénomènes électriques parasites

Si l'on veut déterminer un éventuel rapport de cause à effet entre des problèmes observés dans l'élevage et des courants ou tensions parasites, il faut prendre en compte l'ensemble des sources les plus probables de perturbations d'origine électrique. Les courants les plus difficiles à mettre en évidence sont les courants très brefs tels que ceux issus des décharges électrostatiques.

## Les appareils de mesures et leur utilisation

Toute mesure est délicate. Il est toujours préférable de faire appel à un technicien pour confirmer et interpréter les valeurs mesurées. La mesure des courants transitoires en particulier ne peut être effectuée que par un spécialiste car elle nécessite un appareillage spécifique.

Un bon appareil ne doit pas perturber la valeur du signal mesuré. De plus, pour être retenue, la valeur que l'opérateur lit doit être stable et clairement établie. De manière générale, le choix du calibre utilisé dépend des mesures à effectuer, des perturbations susceptibles d'être induites par la mesure (nature des électrodes, impédances de contact, impédance de l'appareil...) et des référentiels électriques utilisés.



### Mesure de tension

Elle se fait avec un voltmètre dont l'impédance d'entrée est la plus élevée possible, supérieure à un million d'ohms. Elle ne permet pas de caractériser l'impédance de la source et donc le courant susceptible de circuler.

Dans certains cas, l'adjonction d'électrodes impolarisables est nécessaire pour une mesure correcte de la tension continue.

### Mesure de courant

Elle se fait avec un ampèremètre dont l'impédance est la plus faible possible. Seule cette mesure, faite au travers d'une impédance équivalente à celle du corps de l'animal, permet d'évaluer le stress subi.

### Multimètre

C'est un appareil qui permet de réaliser à la fois des mesures de tension et de courant, alternatif (AC) et continu (DC), de résistance et, éventuellement, de fréquence et de capacité. Il faut calibrer l'appareil et sélectionner les bornes sur lesquelles on se connecte, en fonction des mesures que l'on souhaite effectuer.



### Pince ampèremétrique

Elle permet de mesurer le courant dans un conducteur sans avoir à le déconnecter. Elle mesure le champ magnétique induit par le passage du courant. La mesure sur des éléments conducteurs constituant des boucles n'est pas représentative du courant susceptible de traverser l'animal. Elle ne permet pas, en effet, de déterminer l'origine de ce courant (nature et impédance de la source).



### Mesure de champ magnétique

On peut mesurer le champ magnétique ambiant à l'aide d'une bobine (self) connectée à un multimètre. Celle-ci doit être strictement adaptée au calibre du voltmètre. Certains appareils, plus performants, sont équipés de trois bobines. Ils effectuent les mesures suivant les trois directions de l'espace et donnent ainsi une valeur indépendante de leur orientation.



### Mesure de champ électrique

Elle est beaucoup plus délicate puisque l'opérateur, lui-même conducteur de l'électricité, perturbe la mesure. Elle doit se faire en l'absence de tout obstacle dans un rayon de cinq mètres autour du capteur. Cette mesure doit être réalisée par un spécialiste, avec un enregistreur autonome.

### Mesure de terre

Par injection de courant dans la prise de terre, on mesure sa montée en potentiel par rapport à une référence lointaine. Une telle mesure doit être effectuée par un spécialiste, de façon périodique, tous les trois ans environ. Elle doit également permettre de vérifier la continuité des circuits des masses. Les mesures sont effectuées après déconnexion de la barrette de terre.



Voir annexe 6

# Quelques solutions simples

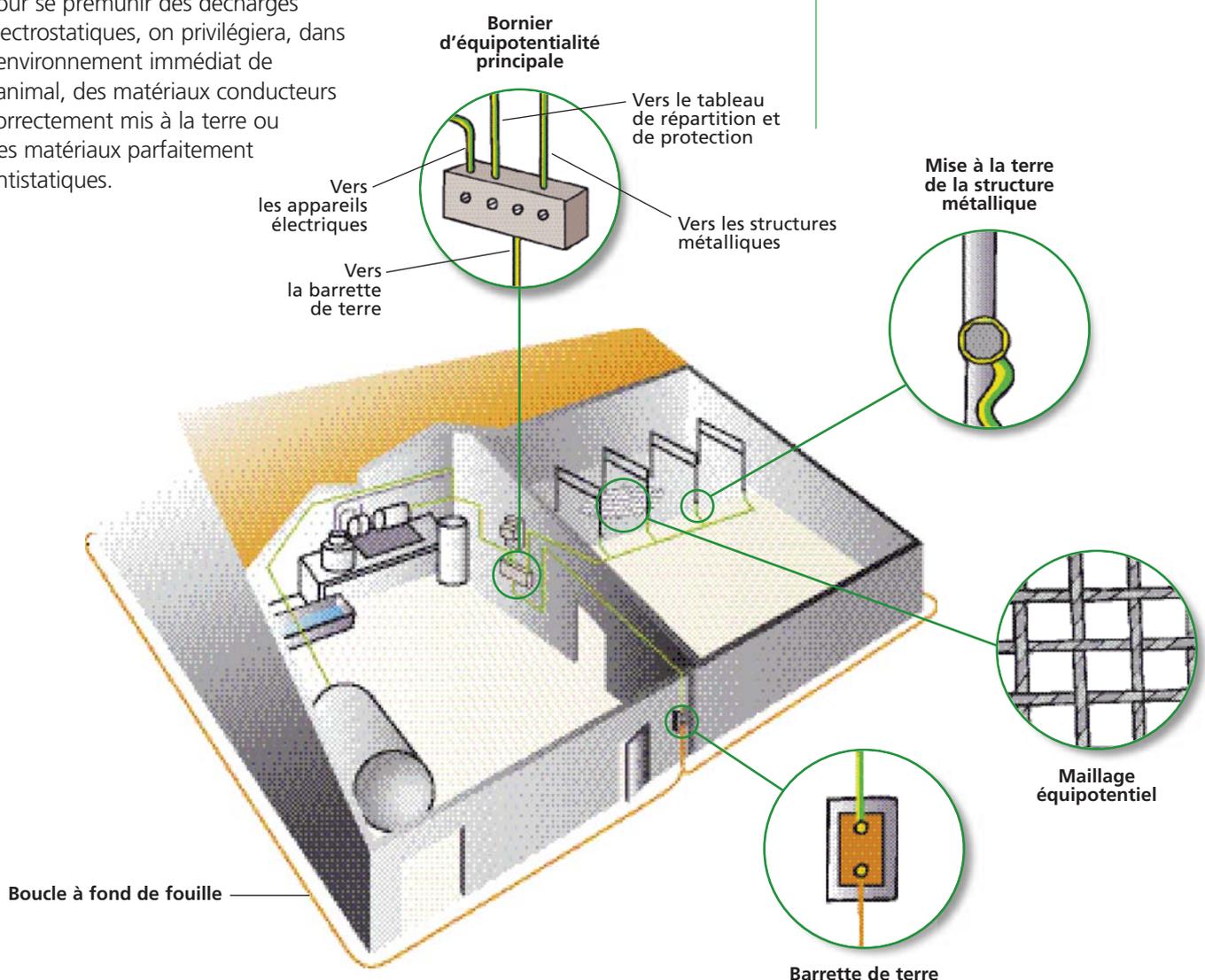
Lorsqu'un problème d'origine électrique est constaté, il convient d'en déterminer la source pour mettre en œuvre les solutions les plus pertinentes.

Au sein des bâtiments, si l'on ne parvient pas à supprimer la source des courants parasites, la réponse la mieux adaptée est la mise en place d'un maillage équipotentiel relié à toutes les masses conductrices de l'exploitation et à la liaison équipotentielle des installations. Ce maillage, enfoui dans le sol, est constitué de mailles de 50 centimètres au maximum de côté, à une profondeur maximale de 5 centimètres. On pourra par exemple mettre en place un treillis soudé dans une chape en béton de quelques centimètres.

Pour se prémunir des décharges électrostatiques, on privilégiera, dans l'environnement immédiat de l'animal, des matériaux conducteurs correctement mis à la terre ou des matériaux parfaitement antistatiques.

À l'extérieur des bâtiments, tout équipement métallique sera mis à la terre en un point. En cas de parallélisme, sur plusieurs centaines de mètres, d'une clôture avec une ligne électrique, il faudra, à espacements réguliers, mettre cette clôture à la terre (tous les 50 mètres environ). Pour les clôtures électriques, des filtres 50 hertz permettent une mise à la terre sélective.

Après toute intervention sur l'installation électrique ayant nécessité une coupure du courant, il est impératif de s'assurer que son rétablissement est sans danger et, en particulier, qu'il n'y a pas de risque de démarrage de machine.



Les phénomènes électriques parasites, bien qu'ils ne soient pas toujours faciles à maîtriser, sont bien connus, explicables et mesurables. Ils ne se manifestent que très exceptionnellement avec une intensité suffisante pour provoquer, à eux seuls, des perturbations susceptibles d'altérer la production et la santé des animaux de l'élevage <sup>n</sup>

Une installation électrique bien conçue et bien entretenue constitue, à la base, la meilleure prévention. En effet, dans le cas contraire, ses dysfonctionnements peuvent engendrer des perturbations qui, en se superposant à d'autres facteurs de stress d'origines diverses, risquent de contribuer à la dégradation

de l'état de santé des animaux <sup>n</sup>

## Conclusion

Lorsque l'on constate des signes anor-

maux dans le comportement des animaux de l'élevage,

la démarche d'investigation pour en déterminer les causes doit être globale. Sauf défaillance évidente de l'installation électrique, les responsables du suivi sanitaire des animaux, ou d'autres professionnels de la santé animale, doivent être sollicités en premier lieu. Ils sont normalement en mesure de les diagnostiquer et de les traiter <sup>n</sup>

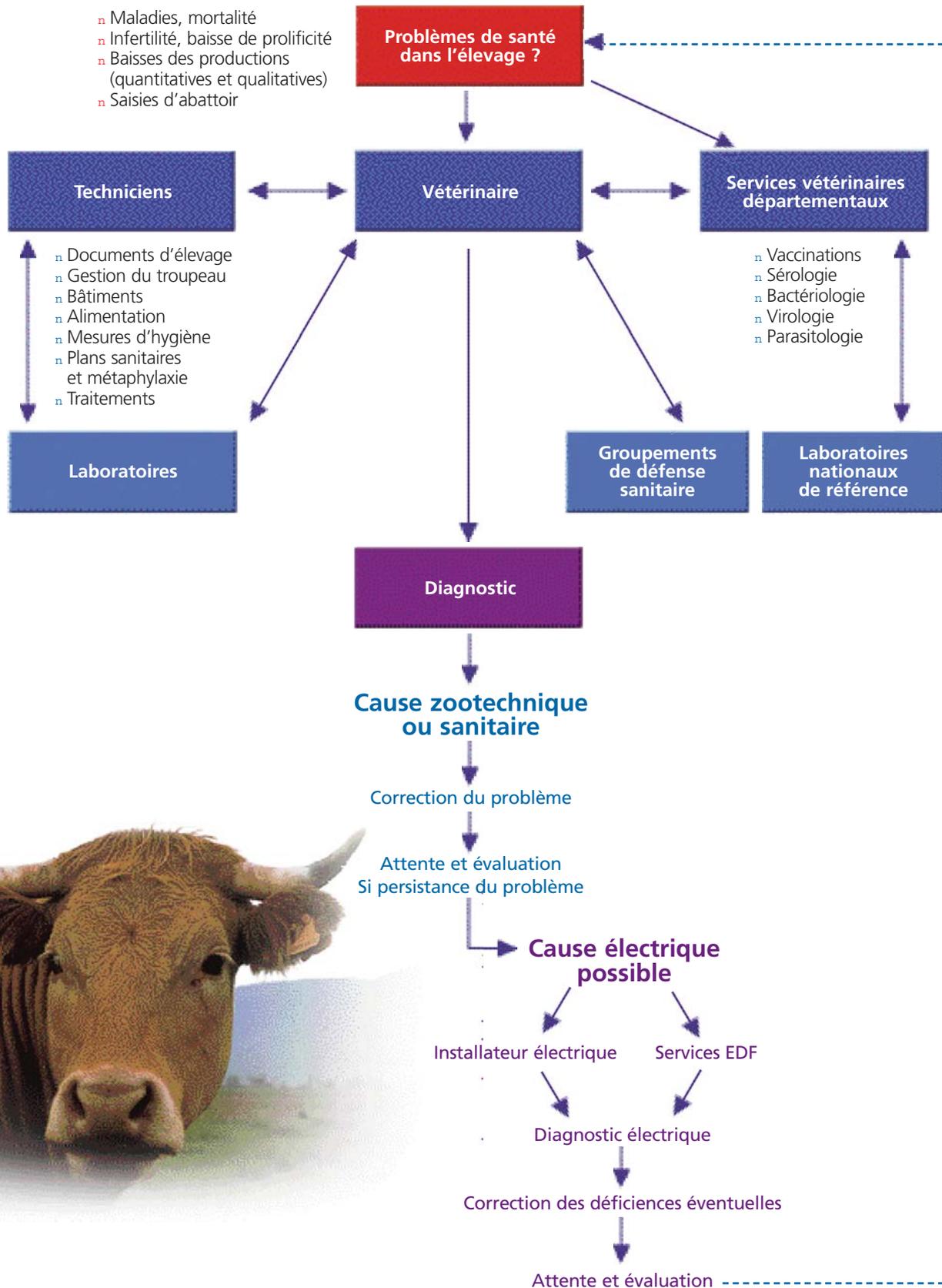
Si le problème persiste, l'examen de l'environnement électrique peut alors s'avérer nécessaire. Un diagnostic précis doit être effectué avec l'aide de professionnels compétents, selon des méthodes approuvées qui seront référencées dans un rapport de mesures.

Une fois les causes identifiées, des solutions efficaces aux problèmes posés pourront être apportées <sup>n</sup>

# Annexes

<b>1.</b> La méthode d'analyse des causes de trouble en élevage .....	<b>28</b>
<b>2.</b> Les fuites de courant des installations électriques : différences selon les pays .....	<b>29</b>
<b>3.</b> Les résultats d'une étude expérimentale sur l'exposition de bovins à des champs électriques et magnétiques à 50 Hz .....	<b>30</b>
<b>4.</b> L'induction magnétique .....	<b>31</b>
<b>5.</b> L'induction électrostatique (ou couplage capacitif) .....	<b>32</b>
<b>6.</b> Le couplage électrochimique .....	<b>34</b>
<b>7.</b> Le couplage par rayonnement .....	<b>35</b>
<b>8.</b> Les valeurs de résistance corporelle .....	<b>36</b>
<b>9.</b> Magnétisme et géobiologie .....	<b>37</b>

## La méthode d'analyse des causes de trouble en élevage



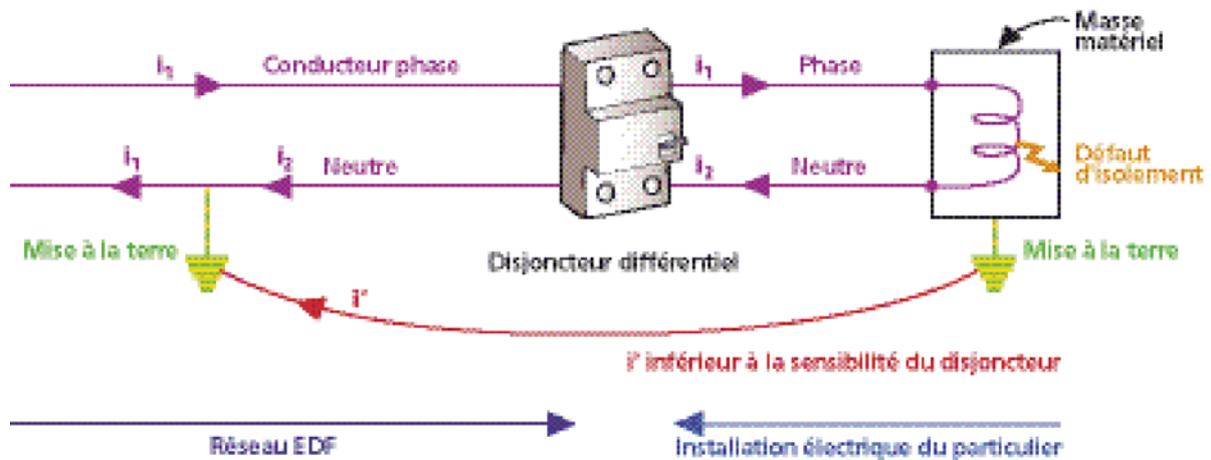
# Les fuites de courant des installations électriques : différences selon les pays

## Le cas français

En fonctionnement normal, il n'y a pas de fuites ( $i' = 0$ ) et le courant entrant  $i_1$  est égal au courant sortant  $i_2$ .

Si l'installation est victime d'un défaut d'isolement, il y a fuites ( $i_1 = i_2 + i'$ )

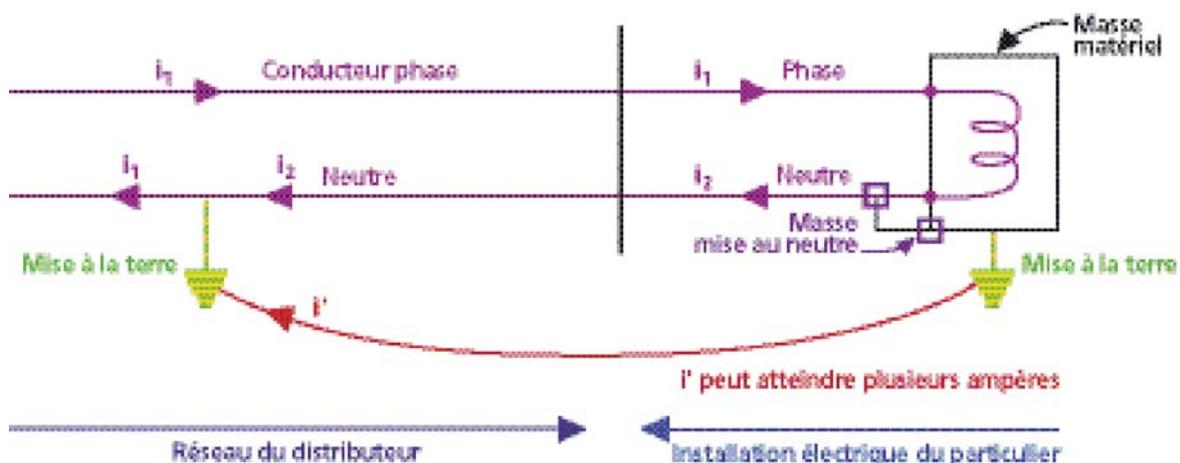
En fonction de sa sensibilité, le disjoncteur différentiel coupe l'alimentation du particulier quand le courant sortant est différent du courant entrant.



## Le cas nord-américain et suédois

Le disjoncteur différentiel est absent et le neutre de l'installation électrique est relié à la masse des matériels. Le courant entrant  $i_1$  se partage

entre le neutre  $i_2$  et les circuits de masse et de terre  $i'$ . Le courant vagabond  $i'$ , non détecté, circule dans les masses et la terre du particulier.



# Les résultats d'une étude expérimentale sur l'exposition de bovins à des champs électriques et magnétiques à 50 Hz

Une étude suédoise (\*) a consisté à placer un lot de 58 génisses dans un terrain situé à dix mètres d'une ligne à très haute tension (champ électrique de 1400 à 8400 V/m, champ magnétique de 0,39 à 4,7  $\mu$ T). La hauteur des câbles conducteurs par rapport au sol était comprise entre 10 et 18 mètres. L'exposition a duré 120 jours.

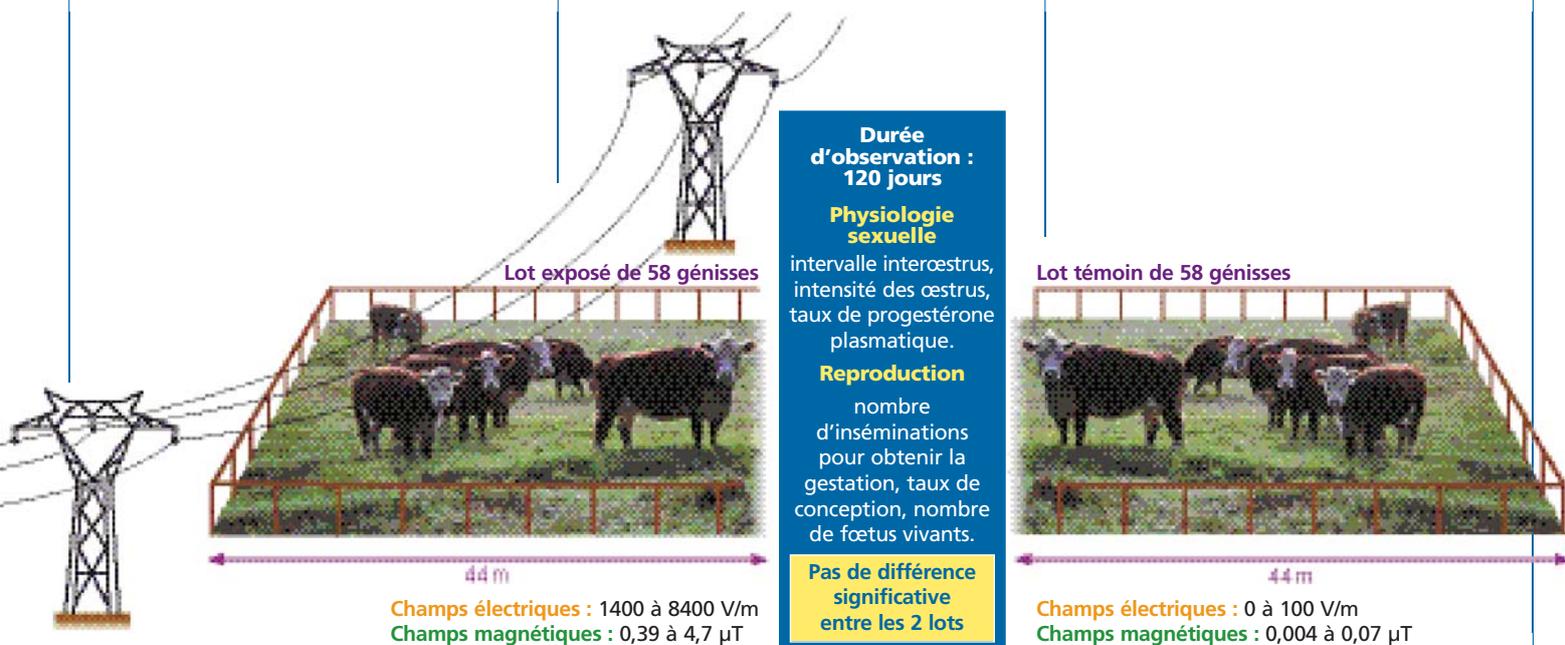
Ce lot de 58 génisses a été comparé à un lot « témoin » identique, soumis à de faibles valeurs de champs (champ électrique de 0 à 100 V/m, champ magnétique de 0,004 à 0,07  $\mu$ T).

La physiologie sexuelle en dehors de la gestation (intervalle interœstrus, intensité des œstrus, taux de progestérone plasmatique) a tout d'abord été étudiée. Les génisses ont ensuite été inséminées artificiellement.

Les paramètres de reproduction ont été collectés (nombre d'inséminations pour obtenir la gestation, taux de conception, nombre de fœtus vivants...).

Il n'est apparu de différence significative sur aucun des paramètres collectés, que ce soit avant ou après l'insémination.

Ligne électrique à 400 000 volts et à courant alternatif 50 Hz



(\*) d'après Algers (B) et Hulgren (J), Preventive Veterinary Medicine, 1987, 5 : 21 - 36

Source : Dépêche vétérinaire

# L'induction magnétique

L'induction magnétique est l'influence d'un champ magnétique sur une structure métallique. Toute structure métallique est donc influençable. Cela se traduit par l'apparition de tensions et de courants induits dans cette structure.

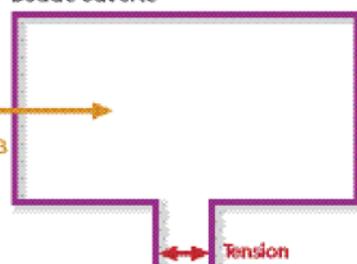
Par exemple, un champ d'induction magnétique  $B$  variable qui traverse une boucle conductrice crée :

- soit un courant dans la boucle, si celle-ci est fermée,
- soit une différence de potentiel, si la boucle est ouverte.

Boucle fermée



Boucle ouverte



Divers matériels électriques (transformateurs, générateurs ...) fonctionnent sur ce principe.

Pour une boucle de  $1\text{m}^2$  et pour une induction magnétique de 10 microtesla, la tension induite est de 3,14 millivolts (à 50 hertz). Si la boucle est fermée, le courant induit est fonction, d'une part, de l'impédance du circuit constitué par la boucle et, d'autre part, de la tension induite, conformément à la loi d'Ohm.

Le champ magnétique créé par le courant qui transite dans une ligne électrique induit des courants et des tensions dans toutes les structures métalliques proches formant un circuit « bouclé » ou proche de l'être (par un animal par exemple). Si la boucle est déjà fermée, le contact n'a aucune conséquence : compte tenu de la résistance du corps, le courant induit circule uniquement dans la boucle. Le cas le plus défavorable est celui où un animal - ou une personne - vient, par contact, fermer la boucle constituée par une clôture métallique isolée du sol, parallèle à la ligne sur plusieurs centaines de mètres et raccordée à la terre en un point donné. Un courant induit traverse alors l'animal - ou la personne. Sa résistance corporelle va limiter très fortement l'intensité de ce courant électrique. Il faut alors diminuer la tension induite par des mises à la terre régulières de la clôture et, lorsque cela s'avère insuffisant, intercaler des éléments non conducteurs pour diminuer la taille des boucles.

## Principes de mesure

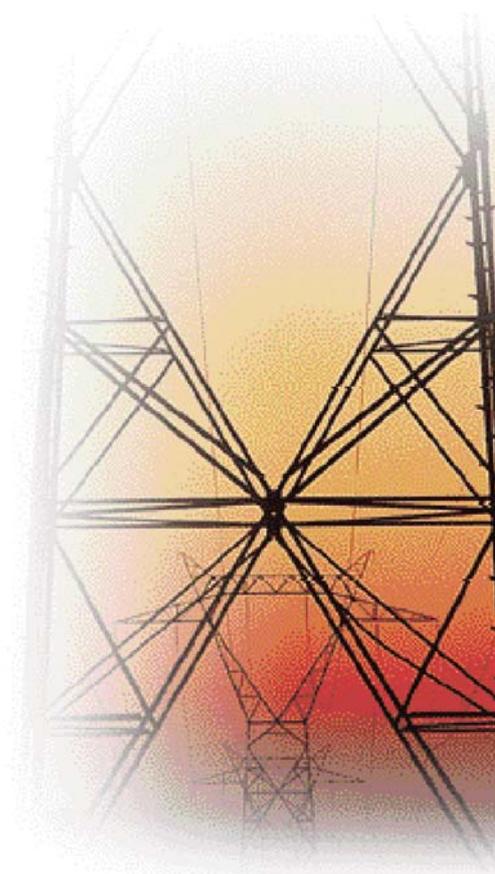
Il existe, dans le commerce, de nombreux appareils qui permettent de mesurer directement les champs magnétiques. Ces appareils sont pour la plupart portatifs. La mesure peut donc se faire très naturellement en tenant le capteur dans la main et par lecture directe de l'afficheur. À l'inverse du champ électrique, la présence du corps de l'opérateur ne modifie pas le champ magnétique.

La mesure des courants et des tensions induits par induction magnétique nécessite un multimètre et un capteur de courant.

- La mesure de la tension se fait directement en raccordant au voltmètre les « extrémités » de la boucle ouverte.

- La mesure du courant se fait en positionnant une pince ampèremétrique autour du conducteur et en la connectant au multimètre, ou en fermant la boucle avec un ampèremètre.

Quelle que soit la mesure réalisée (champ magnétique, courant, tension), la valeur lue sur l'appareil doit être stable et reproductible.



# L'induction électrostatique (ou couplage capacitif)

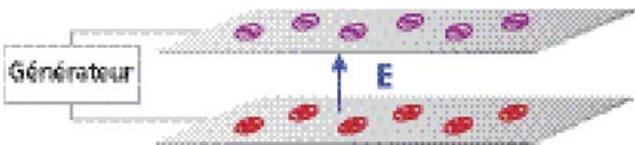
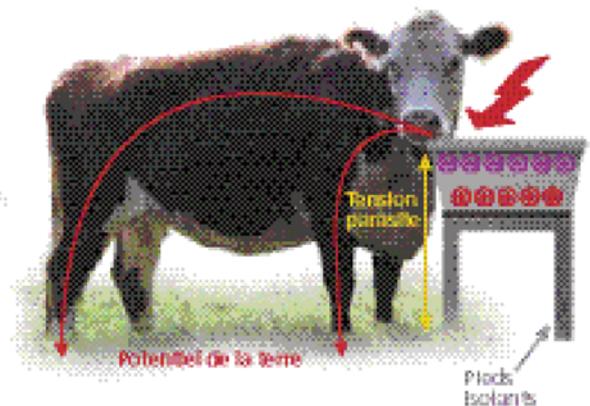
L'induction électrostatique est l'action d'un champ électrique sur un corps conducteur.

En appliquant une tension entre deux plaques métalliques parallèles, des charges électriques apparaissent à leur surface. Ces charges, fournies par le générateur, sont à l'origine d'un champ électrique entre les plaques. Dans ce cas, le champ est uniforme. Sa valeur est donnée en divisant la tension par la distance entre les plaques. Ceci explique d'ailleurs que les champs électriques soient exprimés en volts par mètre (V/m).

**En fait, deux types de courant traversent l'animal :**

1. un courant de très faible durée, mais qui peut être de forte amplitude. Il apparaît juste au moment du contact. C'est généralement lui qui est ressenti.
2. un courant permanent, de faible amplitude, dû aux variations du champ électrique.

Potentiel instantané de la ligne électrique



Prenons l'exemple d'un abreuvoir métallique sous une ligne électrique et isolé du sol. Il baigne dans un champ électrique vertical créé par les câbles conducteurs de la ligne. Par analogie avec la figure précédente, on comprend que l'abreuvoir se situe entre deux « plaques » : la ligne électrique et le sol. La répartition des charges à la surface de l'abreuvoir est modifiée : c'est le phénomène d'induction électrostatique. La tension ainsi créée est principalement fonction de la hauteur de l'abreuvoir. C'est l'animal qui, en s'abreuvant, réalise la mise à la terre entre son museau et ses pattes : il se trouve parcouru par un courant qui est fonction de la taille de l'abreuvoir.

**Sous une ligne à 400 000 volts, la charge d'un abreuvoir peut atteindre 2 microcoulomb. Au moment du contact, une vache peut donc subir un courant transitoire de 100 mA pendant 20 microsecondes. Si le contact est maintenu, la valeur de l'intensité permanente demeure largement inférieure au mA.**

## Et les tubes fluorescents (« néons »), pourquoi s'allument-ils sous une ligne à haute tension ?

Lorsqu'une personne se place sous une ligne et tend un tube fluorescent en direction des conducteurs, il s'éclaire légèrement.

Cette expérience n'est possible que dans l'obscurité. La lueur, plus marquée au voisinage de la main, est beaucoup plus faible que la lumière émise par le tube fluorescent en fonctionnement normal.

Ce phénomène est utilisé pour le balisage nocturne des câbles des lignes à haute tension situées à proximité des aéroports.

### Que se passe-t-il exactement ?

Le phénomène est simple :

1. La lumière est produite par l'ionisation du gaz basse pression (la vapeur de mercure à l'intérieur du tube), soumis au champ électrique.
2. Le champ électrique étant déformé par les objets conducteurs, il est plus élevé au niveau de la main qu'au niveau du tube : la lumière est donc plus importante au niveau de la main.

## Les principes de mesure

Il existe, dans le commerce, de nombreux appareils qui permettent de mesurer directement les champs électriques. Cette mesure est particulièrement délicate et nécessite quelques précautions :

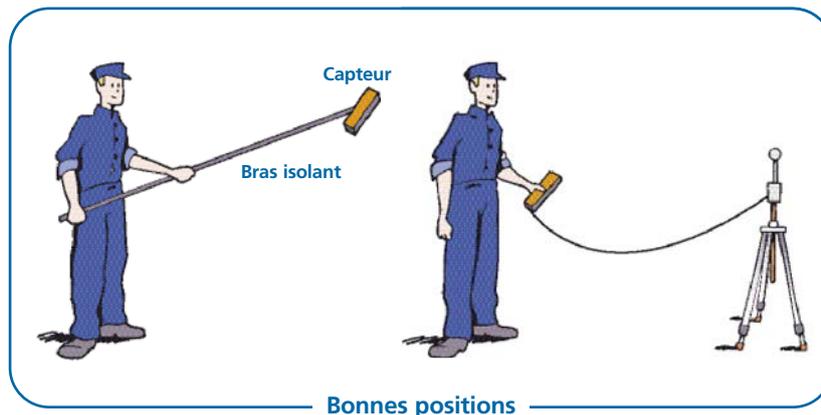
1. Le champ électrique peut être fortement modifié par la présence de l'opérateur. Ce dernier doit donc s'écarter de plusieurs mètres du point de mesure. La plupart des capteurs proposent un dispositif de lecture à distance.
2. Le capteur peut être tenu au bout d'une perche isolante ou être posé sur un support isolant, à une distance minimale d'environ 2 mètres de toute surface métallique.

La mesure des courants et des tensions induits par induction électrostatique nécessite un multimètre et un capteur de courant.

▮ La mesure de la tension se fait directement en raccordant les points de mesure au voltmètre.

▮ La mesure du courant se fait en positionnant une pince ampèremétrique autour du conducteur et en la connectant au multimètre.

Quelle que soit la mesure réalisée (champ électrique, courant, tension), la valeur lue sur l'appareil doit être stable et reproductible.



# Le couplage électrochimique

Dans la matière conductrice de l'électricité, les charges peuvent être véhiculées par divers porteurs. Ce sont :

- les électrons, dans le cas des métaux,
- les inhomogénéités de la structure cristalline (électrons ou « trous ») dans le cas des semi conducteurs (matériaux de base des transistors et des circuits intégrés). Ces inhomogénéités sont apportées par des impuretés chimiques,
- les ions dans les décharges gazeuses, les acides, les bases, les sels fondus ou en solution (électrolytes).

Les **ions** sont des atomes initialement neutres. Lorsqu'ils « perdent » un ou plusieurs électrons, on parle d'**ions positifs**. À contrario, les ions sont dits **négatifs** lorsqu'ils « gagnent » des électrons.

Les ions sont continuellement produits dans le milieu ambiant par des phénomènes naturels. Ils sont présents dans l'atmosphère, les eaux, le sol, la matière vivante ... où ils jouent un rôle très important. Ce sont, en général, des agents chimiques très actifs : leurs réactions avec la matière sont ainsi utilisées dans de nombreuses applications industrielles, regroupées sous le terme générique d'électrochimie : l'électrolyse, la galvanoplastie, l'électro-érosion...

Le transport des charges par les ions peut être à l'origine de certains dysfonctionnements dans des installations électriques. En effet, la cohabitation entre charges électriques et métaux de différente nature donne lieu à un « couplage électrochimique ».

## Un exemple de couplage électrochimique : l'effet de pile

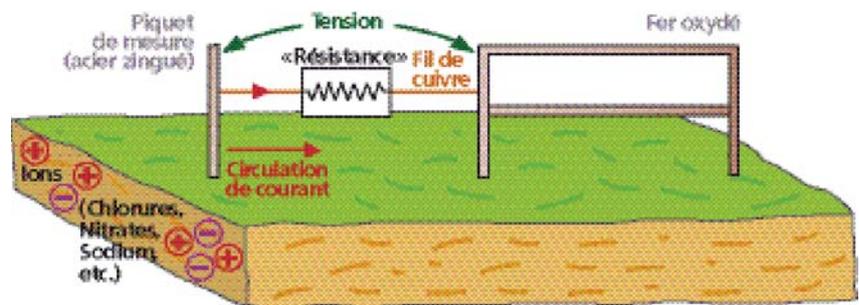
Entre 2 poteaux métalliques de nature différente, plantés dans un sol chargé d'ions (engrais chimique, lisier...), apparaît une tension. L'ensemble constitue une pile électrique.

Une telle pile « sauvage » a été mise en évidence dans un ancien bâtiment d'élevage : elle faisait circuler, de manière quasi-permanente, un courant de l'ordre de

0,5 milliampère dans le circuit fortuit constitué par :

- une barrière métallique en fer oxydé scellée dans un sol humide, riche en ions divers (nitrates, chlorures, etc.),
- un fil de cuivre connecté à travers une résistance de 1 000 ohms à un piquet de mesure en acier zingué, planté dans le même sol gorgé d'électrolytes.

## Mise en évidence d'un effet de pile par mesure d'une tension et d'un courant entre 2 éléments métalliques



Précision importante : la mesure de tension continue peut être perturbée par l'utilisation d'électrodes métalliques qui peuvent être à l'origine d'une tension résultant d'un couplage électrochimique. Il faut donc utiliser des électrodes non polarisables, par exemple des électrodes en cuivre / sulfate de cuivre. Elles sont constituées d'une tige de cuivre immergée dans une solution saturée de sulfate de cuivre.

# Le couplage par rayonnement

**Le couplage par rayonnement est l'induction par un champ électromagnétique de courants et de tensions parasites sur tout circuit conducteur.**

## Le champ électromagnétique

En toute rigueur, la distinction entre le champ électrique et le champ magnétique n'est possible que pour des champs continus, c'est-à-dire qui ne varient pas dans le temps.

On admet néanmoins cette distinction pour des champs variant lentement dans le temps (cas du 50 Hz) puisque l'erreur commise demeure infime. En revanche, dès que les variations deviennent rapides, il n'est plus possible de considérer le champ électrique et le champ magnétique de façon indépendante : la présence de l'un implique la présence de l'autre. On parle alors de **champ électromagnétique**, dont l'amplitude est généralement exprimée à partir de sa composante électrique en V/m.

La fréquence du champ électromagnétique est un moyen de caractériser sa variation temporelle. Ce seul paramètre ne suffit cependant pas pour savoir si l'on est en présence d'un champ électrique, d'un champ magnétique ou d'un champ électromagnétique. Il faut aussi prendre en considération la distance entre le point d'observation et la source du champ. On distingue ainsi deux zones :

1. la zone dite de « champ proche » pour laquelle le champ est, de façon privilégiée, soit électrique soit magnétique selon la nature de la source,
2. la zone dite de « champ lointain » pour laquelle le champ est électromagnétique.

## Principes de mesure

La mesure des champs électromagnétiques est effectuée de la même façon que celle du champ électrique.

### Deux types d'appareil peuvent être utilisés :

1. Le capteur large bande : c'est le plus simple d'utilisation. Il donne une valeur en V/m pour plusieurs fréquences à la fois. Pour obtenir une information précise sur une source de champ, il faut être sûr de la source qui émet.

2. Le capteur bande étroite : il permet de discriminer, fréquence par fréquence, le champ électromagnétique. Il est cependant difficile d'avoir le capteur adapté à la source de champ.

La méthode généralement utilisée pour connaître de façon rigoureuse l'environnement électromagnétique consiste à associer un capteur large bande et un appareil spécifique d'analyse spectrale. Ce dernier permet de reconstituer et d'évaluer précisément l'ensemble des composantes (les fréquences) du champ. Toutefois, compte tenu de son prix, il est généralement destiné aux professionnels.

### Voici quelques exemples de sources de rayonnement électromagnétique :

Émetteur	Fréquence	Puissance de la source	Distance à l'émetteur correspondant à la zone de champ lointain	Champ électrique
Radiodiffusion	162 kHz	500 kW	300 m	4 V/m à 500 m
C.B.	27 MHz	12 W	2 m	0,02 V/m à 500 m
T.V.	50 MHz	200 kW	1 m	2,7 V/m à 500 m
Talkies-walkies	500 MHz	5 W	0,1 m	0,7 V/m à 10 m
Téléphonie mobile	915 MHz	4 W	0,05 m	0,6 V/m à 10 m

## Le couplage par rayonnement

Plus la fréquence du champ électromagnétique est élevée, plus il pénètre à l'intérieur des installations. Il peut alors perturber les équipements électroniques (par exemple, les dispositifs automatiques de remplissage des mangeoires).

Pour se prémunir de tout problème, il convient d'installer les équipements sensibles - c'est-à-dire ceux qui contiennent des cartes électroniques - dans des armoires métalliques hermétiques et mises à la terre. Il est également nécessaire d'utiliser des câbles blindés entre armoires et de « chasser » la moindre ouverture.

# Les valeurs de résistance corporelle

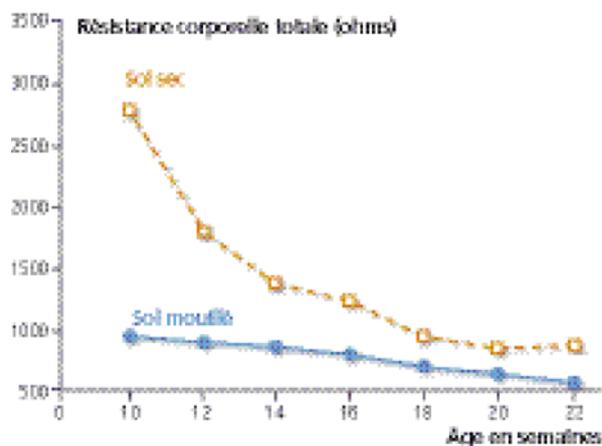
Pour une tension donnée, appliquée en deux points du corps d'un animal, l'intensité du courant correspondant dépend de la résistance du chemin qu'il emprunte. La résistance corporelle est donc un facteur déterminant de la sensation perçue par l'animal.

La résistance équivalente au trajet emprunté par le courant peut être connue soit par mesure directe sur l'animal entier, soit par mesure d'un segment isolé. Ces mesures permettent de connaître les composantes de chaque trajet de courant et de dresser un schéma électrique équivalent.

## Valeurs de la résistance électrique de la vache en fonction du trajet du courant (d'après Aneshansley D.J. et Gorewit R.C., 1996)

Trajet		Résistance moyenne (ohms)
Bouche	> tous sabots	350
		361*
Bouche	> sabots antérieurs	475
Bouche	> sabots postérieurs	624
Membre antérieur	> membre postérieur	300
		362*
Sabots antérieurs	> sabots postérieurs	734
Croupe	> tous sabots	680
Poitrine	> tous sabots	980
		1000*
Trayon	> bouche	433
Trayon	> tous sabots	594
		880*
Trayon	> sabots postérieurs	594
Trayon	> sabots antérieurs	874
Tous trayons	> tous sabots	1320
		1000*
Mamelles	> tous sabots	1700

\*Valeurs obtenues sur des séries de mesures différentes.



La valeur de la résistance corporelle est également fortement influencée par celle de la résistance des points de contact. Dans les conditions de l'élevage, elle dépend de la nature du sol, de la présence d'eau à sa surface, de la tension au point de contact, de la géométrie des sabots et de la force d'appui, donc du poids et de l'âge.

Les courbes ci-contre montrent l'évolution de cette résistance au cours de la période d'engraissement de porcs placés sur un sol recouvert d'un treillis métallique, auquel on applique une tension de 5 volts. (d'après Matte et al., 1992)

# Magnétisme et géobiologie

## Magnétisme et magnétisme

### Le mot Magnétisme a deux sens dans un dictionnaire :

1. partie de la physique qui concerne l'étude des propriétés des aimants,
2. attraction exercée par une personne sur une autre.

C'est la deuxième définition qui fait que, pour la majorité des gens, le magnétisme s'accompagne d'une connotation de mystère. Elle correspond au « magnétisme animal » qui est « l'influence vraie ou supposée qu'une personne peut exercer sur une autre au moyen de mouvements, appelés passes, et transmettre son fluide vital » selon la doctrine de Franz Mesmer.

Actuellement, aucun dispositif de mesure physique ne permet d'objectiver ce magnétisme qui couvre entre autres la radiesthésie ou les phénomènes paranormaux.

Il n'existe aucun rapport entre ce magnétisme et « l'électromagnétisme » qui est la « partie de l'électricité traitant des propriétés magnétiques des courants électriques ». Cet électromagnétisme n'a rien de mystérieux. Ses équations ont été proposées depuis plus d'un siècle par James Clerk Maxwell. Elles sont vérifiées tous les jours puisqu'elles sont à la base de la production et de l'utilisation de l'électricité, de la radio, de la télévision, des télécommunications...

## Géobiologie

Certains abordent les problèmes de pathologie humaine et animale par une discipline désignée sous le nom de « géobiologie ».

Ce terme désigne l'influence de la terre sur tous les êtres vivants : végétaux, animaux et hommes. Cette influence s'exercerait par les radiations qui émanent de la terre et qui forment un réseau géométrique présent sur tous les continents. Les intersections de ces mailles sont considérées comme fortement pathogènes, surtout quand elles sont à la verticale de failles de terrain ou de cours d'eau souterrains. Ces points « géopathogènes » sont tenus responsables par certaines personnes de maladies graves telles qu'affections cardio-vasculaires et cancers ou de troubles fonctionnels tels que migraines, fatigue, tension nerveuse, troubles digestifs, insomnies, vertiges ...

Les influences nocives s'exerçant sur les êtres vivants et provenant de la terre sont supposées agir par différents rayonnements tels que le rayonnement cosmique et le rayonnement tellurique. On leur adjoint les différents « rayonnements » provenant des installations de distribution électrique et des dispositifs d'utilisation de l'électricité (faisceaux hertziens, fours à micro-ondes, postes de télévision, montres à cristaux liquides, radioréveils...). Une autre interaction résulterait de l'ionisation de l'air : les appareils électriques et les climatiseurs seraient des générateurs d'ions positifs dont la concentration excessive serait pathogène.

Les stratégies proposées pour lutter contre les situations défavorables sont, par exemple, l'adjonction d'ions négatifs supposée capable de rééquilibrer l'atmosphère et de réduire les risques pour la santé. De même, la mise en place de pierres dont l'orientation est

soigneusement déterminée, ou de fontaines qui apportent une certaine masse de liquide, est considérée comme propre à écarter les champs électromagnétiques défavorables. Les menhirs ou les pyramides seraient un des moyens de corriger les imperfections vibratoires de l'environnement en les canalisant, comme d'ailleurs les cristaux et certaines pierres précieuses.

**Cette discipline constitue un ensemble dans lequel sont entremêlées des données physiques mesurables, pour lesquelles l'évaluation d'un éventuel pouvoir pathogène peut être faite en laboratoire, et des données non mesurables correspondant à des phénomènes impossibles à objectiver dont la pathogénicité ne peut être confirmée.**

### **Crédits photos :**

Photothèque GROUPAMA :

Jean-Paul Guillou

pages 1, 5, 6, 7, 23

Pierre Aucante

pages 1, 5, 14, 15, 18, 22, 28

Ministère de l'Agriculture

et de la Pêche :

Raymond Sauvaire

pages 1, 5, 20, 21, 25

La Médiathèque EDF :

Georges Merillon

page 9

Claude Pauquet

page 10

Claude Cieutat

pages 1, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37

Marc Monceau

page 1

Éric Marquefave

pages 31, 36

Claude Caroly

page 13

Henri Cazin

pages 2, 3, 4, 5, 26, 38, 39

Les brochures figurant  
en page 13 sont  
disponibles auprès de :  
Promotelec  
Espace Elec - CNIT - BP 9  
92053 PARIS - LA DÉFENSE

Ce document a été réalisé avec le concours de :

Monsieur Bourget de Promotelec n Monsieur Brugère,

Professeur de physiologie et thérapeutique à l'École

Nationale Vétérinaire d'Alfort n Monsieur Gallouin,

Professeur de physiologie animale à l'Institut National

Agronomique de Paris - Grignon n Monsieur Lemeray

du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (Direction

**Remerciements** des Exploitations, de la Politique Sociale et de

l'Emploi) n Monsieur Picou, conseiller à l'Assemblée

Permanente des Chambres d'Agriculture n Monsieur Vauge,

Professeur d'énergétique à l'université de Paris XII n et des

services suivants d'EDF : Division Recherche Développement,

Service des Études Médicales, Gestionnaire du Réseau de

Transport d'Électricité,

Centre National d'Expertise Réseaux.



MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA PÊCHE



**PROMOTELEC**



CHAMBRES  
D'AGRICULTURE  
ASSEMBLÉE  
PERMANENTE



GESTIONNAIRE DU RESEAU DE TRANSPORT D'ELECTRICITE  
CENTRE NATIONAL D'EXPERTISE RESEAUX  
SERVICE ENVIRONNEMENT METHODES  
INFORMATIONS ET ANIMATION  
IMMEUBLE AMPERE - 34, RUE HENRI COGNACQ  
92048 PARIS LA DEFENSE CEDEX  
TEL : 01 41 02 12 32 FAX : 01 41 02 32 47

[www.rte-france.com](http://www.rte-france.com)