

Risque électrique

TRAVAUX SUR BATTERIES: ATTENTION AUX ARCS ÉLECTRIQUES!

Susceptibles d'entraîner brûlures, chocs électriques et autres intoxications, les arcs électriques qui pourraient se former lors de travaux sur batteries peuvent constituer un risque émergent dont il faut se préoccuper. Les seuils de dangerosité permettant de fixer les limites des travaux sous tension restent encore à établir. Ils imposent de faire le lien entre les effets pathologiques et l'énergie dégagée.

WORKING ON BATTERIES: BEWARE OF ARC FLASH HAZARD - *Capable of causing burns, electric shocks, and poisoning, electric arcs that strike during work on batteries are an emerging risk that needs to be addressed. The thresholds of dangerousness for setting the boundaries of live work remain to be established. They require a link to be established between the pathological effects and the energy given off.*

SANDRINE
HARDY,
JEAN-LOUIS
POYARD
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

L'essor des énergies renouvelables ainsi que les considérations environnementales ont donné une nouvelle dynamique à l'utilisation des batteries électriques. Celles-ci constituent l'une des rares solutions technologiques permettant de stocker l'électricité puis de la restituer à la demande. De fait, leur utilisation n'est plus limitée aux batteries de démarrage automobile ou aux installations de type centrales d'énergie de secours, onduleurs et chariots de manutention. D'autres applications sont désormais concernées, comme la production d'énergie au moyen d'installations photovoltaïques mais aussi l'alimentation des voitures électriques ou hybrides. Un nombre croissant d'engins de manutention en sont également équipés, comme les chariots électriques, les transpalettes et, plus récemment, les poids lourds et les bus destinés à être utilisés dans les centres urbains.

Ces nouvelles applications soulèvent la question primordiale des risques professionnels associés à l'utilisation des batteries. Le cadre réglementaire relatif à la prévention du risque électrique a changé en 2010 et le cadre normatif est encore en évolution (Cf. Encadré 1). L'application des principes généraux de prévention conduit à privilégier le travail hors tension. Néanmoins, lorsqu'une batterie est chargée, il n'est pas envisageable de la décharger complètement avant de réaliser une opération sur ses parties actives. Dans ce cas, les

opérations sont réalisées en présence d'énergie. Une question essentielle se pose donc aux préventeurs: à partir de quels critères doit-on considérer qu'un travail sur les circuits actifs d'une batterie est un travail sous tension?

ENCADRÉ 1 CADRE NORMATIF RELATIF À LA PRÉVENTION DU RISQUE ÉLECTRIQUE

Les travailleurs réalisant des opérations sur les installations électriques ou dans leur voisinage doivent être habilités par leur employeur et cela conformément aux normes homologuées. À ce jour, seule la norme NF C 18-510 « Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique - Prévention du risque électrique » de janvier 2012 a été publiée. Lors de sa rédaction, la commission de normalisation a pris en compte l'évolution des technologies et la problématique des opérations sur batteries a été abordée. La publication de la norme NF C 18-550 qui est spécifique aux opérations d'ordre électrique sur les véhicules et les engins automobiles à motorisation thermique, électrique ou hybride ayant une énergie électrique embarquée est prévue fin 2014.



© Jacques Guillet pour l'INRS

Derrière cette problématique se cache un danger particulier: la brûlure par arc électrique. Si le risque d'électrisation est également présent, il est aujourd'hui bien connu (Cf. Encadré 2). Dans le domaine de la très basse tension de sécurité (TBTS), une protection contre les contacts directs est requise dès que la tension est supérieure à la valeur de 60V en courant continu. La norme NF C 18-510 indique qu'au-delà de ce seuil, les opérations sur les parties actives d'une batterie sont des travaux sous tension.

Contrairement au risque d'électrisation, le risque de brûlure provoquée par un arc électrique n'a pas fait l'objet de publications permettant de fixer un seuil entre les travaux hors tension et les travaux sous tension. Il a été envisagé de reprendre le seuil défini par le comité des travaux sous tension pour les ouvrages de distribution et transport visées par le décret n°82-167, équivalent à 10 Ah (Ampère-heure). Mais devant l'absence de données objectives permettant de justifier ce seuil, l'INRS a été sollicité pour déterminer les données techniques permettant de définir un nouveau seuil à partir duquel le travail sur batterie est à considérer comme un travail sous tension du fait de l'expo-

sition aux risques de brûlures par arc électrique. Il est à noter que pour les batteries de démarrage des véhicules automobiles et engins uniquement, un compromis a été trouvé et le seuil a été fixé à 180 Ah.

Mais qu'est-ce qu'un arc électrique? Ce phénomène physique se produit lorsqu'un courant électrique traverse un gaz habituellement isolant. Le passage du courant est rendu possible grâce à une ionisation du gaz qui se transforme alors en plasma conducteur. La foudre est un exemple d'arc électrique naturel: dans ce cas, le gaz (air) est ionisé par accumulation de charges électrostatiques. L'ionisation du gaz dépend de plusieurs paramètres dont la tension et l'intensité, la distance entre les extrémités de l'arc, les influences externes (humidité...), la forme et la nature des électrodes, ainsi que la nature et la concentration chimique du gaz. Ces paramètres vont influencer sur l'apparition, le maintien et l'extinction de l'arc. L'ouverture d'un contact (un interrupteur par exemple) peut provoquer un arc électrique (Cf. Figure 1).

Ce phénomène suit plusieurs étapes:

- le courant traverse le contact;
- la force de contact diminue, ce qui augmente la



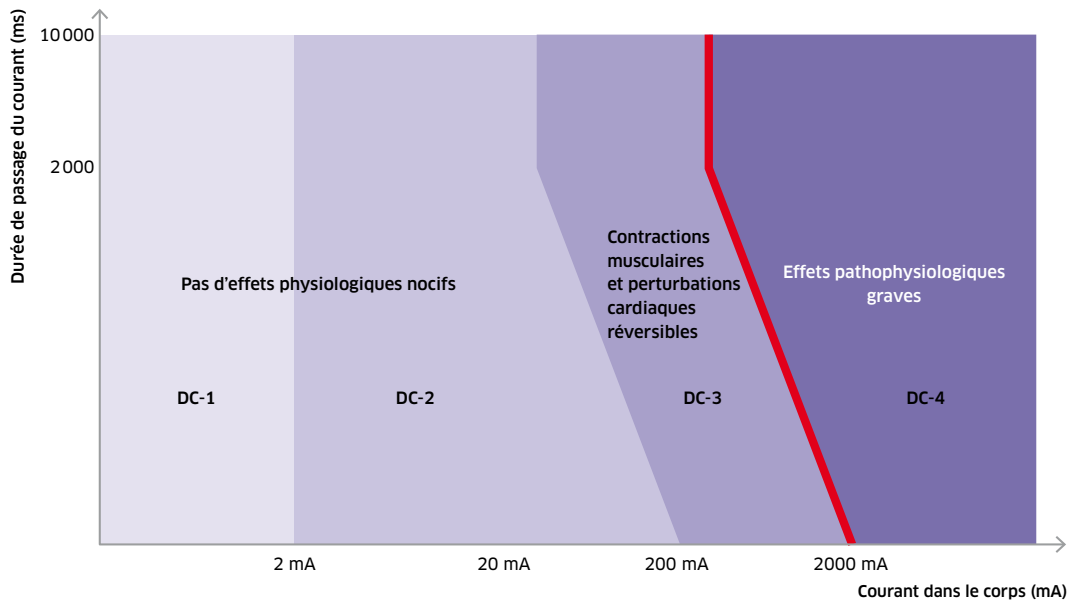
ENCADRÉ 2

EFFETS DES COURANTS CONTINUS SUR LES PERSONNES

L'électrisation survient lorsqu'un courant traverse le corps humain, par contact

direct ou indirect. En fonction de l'intensité, du trajet et de la durée de passage du courant, les

effets sur le corps humain sont plus ou moins graves. En cas de décès, on parle d'électrocution.



- DC-1 : Picotements
- DC-2 : Contractions musculaires sans effets nocifs
- DC-3 : Fortes contractions musculaires et perturbations cardiaques réversibles
- DC-4 : Effets pathophysiologiques graves (arrêt du cœur, arrêt de la respiration, brûlures)

Source : Spécification technique IEC TS 60479-1 de juillet 2005
« Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques. Partie 1 : Aspects généraux. »

densité de courant et la température au point de contact ;

- l'élévation de température provoque une fusion des électrodes (même minime), ce qui crée un pont de métal fondu ;
- L'ouverture du contact se poursuit, le pont s'allonge, sa section diminue donc sa résistance augmente, la température continue d'augmenter (effet joule) jusqu'à évaporation du métal ;
- les vapeurs métalliques créent un plasma, le courant traverse ce plasma : l'arc est créé.

L'arc électrique peut également apparaître lors de la fermeture d'un contact ou par amorçage accidentel entre deux pièces ayant des potentiels différents. Les propriétés des arcs font qu'ils sont aussi créés volontairement dans de multiples applications industrielles, par exemple, le soudage électrique à l'arc.

Dans ce cas, des générateurs de courant continu produisent une grande quantité de chaleur localisée à l'extrémité d'une baguette ou du métal d'apport, ce qui provoque la fusion des métaux puis le soudage après refroidissement. Dans le domaine de la métallurgie, l'énergie thermique dégagée par

l'arc produit entre des électrodes de graphite permet la fusion de métaux par four à arc. Les propriétés des arcs électriques et des gaz sont également employées dans les lampes à décharges pour la production de lumière de différents spectres. Une autre application concerne l'usinage par étincelage, par électroérosion, par enfonçage (une électrode de forme complémentaire à la forme à usiner s'enfonce dans la pièce) ou par fil (un fil conducteur animé d'un mouvement plan et angulaire découpe une pièce suivant une surface réglée). Enfin, ce phénomène physique sert aussi au traitement de déchets par vitrification des poussières d'incinération afin de limiter la dispersion d'éléments nocifs (métaux lourds ou amiante par exemple).

Lors de l'apparition (volontaire ou non) d'un arc entre deux électrodes métalliques, plusieurs effets se produisent, notamment des projections de métal en fusion associées à des émissions de vapeurs métalliques. Cela s'accompagne d'un rayonnement dans le visible (y compris lumière bleue), les ultra-violets et les infrarouges, ainsi que d'une émission de chaleur. Tandis que le terme « arc » désigne le phénomène physique (plasma traversé

par un courant électrique), on appelle « flash » le rayonnement visible d'un arc accidentel et rapide et, par extension, l'ensemble des rayonnements émis. Le phénomène d'arc électrique génère également du bruit (claquage) et des perturbations électromagnétiques.

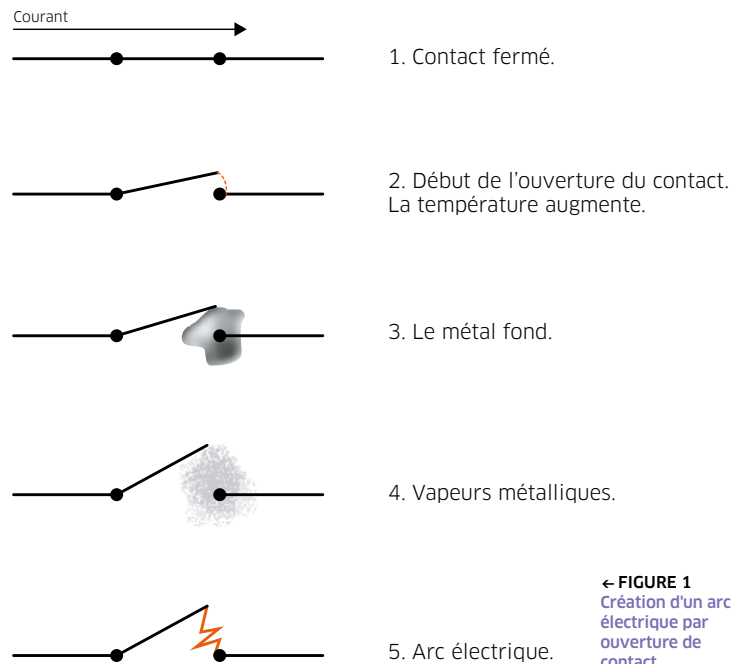
Ces effets ont des conséquences sur les personnes à proximité et engendrent des risques de brûlures, lésions oculaires, chocs électriques, lésions auditives, intoxications par inhalation de vapeurs métalliques, chocs par projection de particules de métal en fusion, etc. L'environnement immédiat est également affecté et l'arc peut être source de courts-circuits, d'incendies, d'explosions ou encore de perturbations du fonctionnement d'équipements électriques.

Si la typologie des risques est connue, le lien entre la criticité de ces risques et l'énergie dégagée par un arc provenant d'une batterie n'a pas, à notre connaissance, fait l'objet de publications disponibles. Un préalable pour déterminer le seuil hors tension/sous tension consiste, par conséquent, à établir un lien entre les effets sur les personnes et l'énergie dégagée par un arc de courant continu. C'est l'objectif des travaux actuels de l'INRS.

L'énergie dégagée par un arc électrique (et donc la dangerosité de cet arc), lors de la réalisation d'une opération sur les batteries, dépend de plusieurs paramètres et, en particulier, du type de batterie (plomb, lithium-ion, nickel cadmium, etc.), de la nature et de la forme des conducteurs entre lesquels l'arc est formé (électrodes), des caractéristiques de l'action à l'origine de l'arc (par exemple, chute d'une pièce, rapprochement de deux conducteurs avec ou sans éloignement, etc.) et de la durée du phénomène.

L'INRS envisage un programme de travail en trois étapes. La première vise à déterminer les conditions d'apparition d'un arc accidentel. Des essais de faisabilité de création d'arc seront réalisés à partir de deux types de batteries (plomb et lithium-ion). L'arc sera caractérisé et la luminance (puissance lumineuse) émise par l'arc pourra également être mesurée.

La seconde étape consistera à étudier la dangerosité des arcs électriques. À partir des résultats obtenus dans la première étape, un travail pluriannuel est envisagé. Il consistera à générer des arcs en faisant varier les différents paramètres (sources et électrodes en particulier) et à en mesurer les effets. L'objectif est de déterminer l'influence de ces paramètres sur la sécurité des personnes pouvant se trouver à proximité de l'arc. Seules les conséquences de l'arc seront étudiées, la caractérisation du plasma d'arc n'étant pas l'objet de ces travaux. L'un des résultats escomptés est une cartographie des phénomènes dangereux (gradient de température, rayonnements émis...) dans l'environnement



← FIGURE 1
Création d'un arc électrique par ouverture de contact

proche de l'arc. En complément des essais et bien que le sujet soit complexe, une modélisation numérique sera réalisée dans la mesure du possible. Essais et simulations seront réalisés dans un processus itératif, les essais permettant de valider le modèle.

Enfin, la troisième étape aura pour objectif l'évaluation de la dangerosité. Une fois les paramètres obtenus sur les arcs émis, il reviendra au corps médical de faire un lien entre les valeurs obtenues et les seuils pouvant provoquer des lésions sur l'homme.

Au final, il devrait être possible de définir la valeur du courant de l'arc électrique pouvant être considéré comme dangereux pour un homme se trouvant dans son environnement. Cette valeur pourra ensuite être prise en compte dans la détermination du critère à partir duquel les travaux sur un circuit de tension inférieure à 60V en courant continu devront être considérés comme des travaux sous tension.

POUR EN SAVOIR +

- « Étude de la coupure de fortes intensités sous une tension continue de 42 V », thèse de doctorat, spécialité physique, présentée par Thomas Klonowski, Université de Paris-Sud XI Faculté des sciences d'Orsay, 2006
- Norme NF C 18-510 : « Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique – Prévention du risque électrique », UTE, janvier 2012
- Site de l'Association Arc électrique : www.association-arc-electrique.org
- « L'arc électrique », ouvrage dirigé par Serge Vacquié, éditions Eyrolles, 2000
- « Accidentologie relative aux systèmes de stockage d'énergie électrochimique : analyse du retour d'expérience », rapport d'études, INERIS, 2010