

Les technologies

**ANTS**  
Technologies

**USURE**



**ÉROSION**



**CORROSION**

**Suivi en temps réel de la perte de matière  
en utilisant  
L'Activation superficielle**

# La Technologie de l'Activation superficielle

*La performance et la fiabilité des pièces de machines et des équipements industriels sont grandement affectées par l'usure et la corrosion.*

*Une mesure fiable et continue de l'usure et de la corrosion peut mener à des économies substantielles de temps et d'argent lors du développement des composantes mobiles et des lubrifiants, et des pièces fixes susceptibles de se corroder. De plus, le suivi en direct permet de minimiser les coûts associés aux temps-morts et aux interruptions imprévues durant la vie utile des composantes.*

*Pour cette raison, ANS offre un service industriel complet basé sur l'activation superficielle (SLA, «Surface Layer Activation» ou TLA, «Thin Layer Activation») qui est de loin supérieur aux techniques traditionnelles de suivi de l'usure et de la corrosion dans le développement des composantes mécaniques et de la maintenance des pièces critiques.*

*Une mince couche d'une zone pré-sélectionnée de la surface d'une pièce est d'abord marquée avec des radio-isotopes. Cette opération s'effectue sans affecter significativement les propriétés mécaniques et chimiques de la pièce. L'activité ainsi créée est extrêmement faible et ne pose pas de risque pour le personnel. Une fois la pièce activée installée et la machine réassemblée, un équipement de mesure spécifique permet de détecter les rayons gamma émis par l'activité induite.*

*Au cours du processus d'usure ou de corrosion une perte de matériel dans la zone marquée résulte en une diminution de l'activité de la pièce et en une accumulation de particules actives dans le lubrifiant. Le déplacement de l'activité est mesuré de façon très précise en positionnant le détecteur de rayons gamma près de la pièce activée, ou, dans le circuit du lubrifiant, près du réservoir ou du filtre. Ces valeurs mesurées sont immédiatement traitées par un logiciel facile convivial, qui fournit un suivi en direct sous une forme complète et transparente.*

*La technologie d'activation superficielle constitue une percée importante pour l'industrie. Elle propose un système capable de donner une mesure à distance et en continu de l'usure et de la corrosion des composantes in situ, même pour des géométries normalement inaccessibles. De plus, ses résultats sont extrêmement précis ( $0,1 \mu\text{m}$  -  $0,01 \mu\text{m}$ ) et la source de l'usure peut être localisée avec précision. Ces mesures se font dans des conditions normales d'opération, et le système que nous proposons est capable de suivre et d'enregistrer simultanément l'évolution des paramètres et conditions d'opération et les données qui concernent la dégradation.*

| <b><i>Principales caractéristiques</i></b> |          | <b><i>Vos bénéfices</i></b>           |
|--|----------|---------------------------------------|
| <i>très grande sensibilité</i>             | <i>⇒</i> | <i>développement plus rapide</i>      |
| <i>mesures en direct</i>                   | <i>⇒</i> | <i>étude dynamique</i>                |
| <i>marquage sélectif</i>                   | <i>⇒</i> | <i>localisation exacte de l'usure</i> |
| <i>mesure à distance</i>                   | <i>⇒</i> | <i>géométrie inaccessible</i>         |

# 1. Application de la technique TLA

L'application de la technique TLA se fait en trois étapes :

- 1- L'ÉTUDE PRÉLIMINAIRE
- 2- LE MARQUAGE AVEC DES RADIO-ISOTOPES
- 3- LE SUIVI DE L'USURE OU DE LA CORROSION

## ÉTAPE 1: L'ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

La technique d'activation superficielle est applicable à presque tous les cas d'analyse de la perte de matière, en autant que les particules qui se détachent de la zone marquée soient évacuées loin de leur point d'origine. Typiquement, une analyse rapide de chaque application est requise pour offrir une application sur mesure de la technique. Convaincus que les ingénieurs du client possèdent la meilleure connaissance et la plus grande maîtrise des machines et des bancs d'essais, nous préférons collaborer avec eux dans le design de la mesure, afin d'optimiser les résultats escomptés.

- **Localisation de l'aire critique d'usure**

La zone critique est déterminée après discussions et analyses des problèmes d'usure rencontrés par le client. L'aire à activer est alors choisie. Plusieurs options sont disponibles pour maximiser la sensibilité de la mesure. L'aire peut avoir la forme d'un point, d'une ligne, d'un rectangle, d'un cercle ou même d'un secteur sur la surface d'un cylindre.

- **Composition de la pièce**

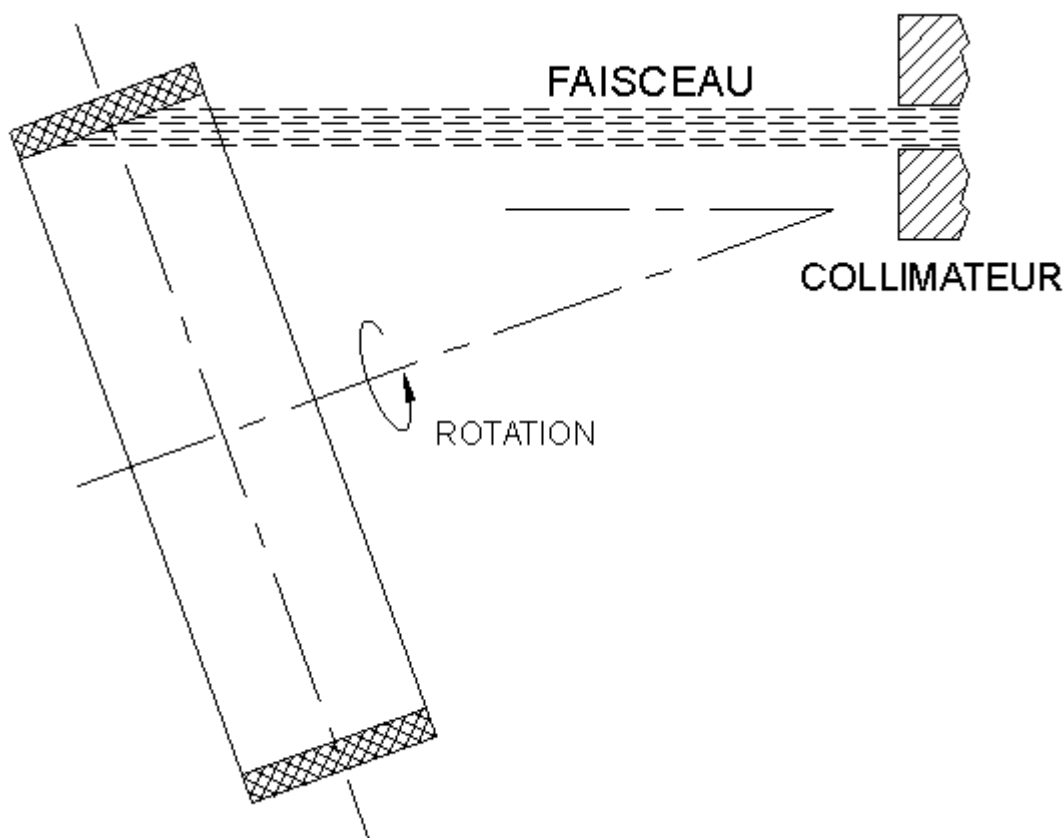
Le choix du marqueur dépend des possibilités qu'offrent les éléments qui composent la pièce. Il est possible d'activer la plupart des matériaux utilisés dans l'industrie, et en particulier tous les alliages à base de fer et les matériaux contenant du nickel, du cuivre, du chrome, du molybdène, du cobalt, de l'aluminium, du plomb, de l'étain, du vanadium, du tungstène, du zinc ou du magnésium. Dans le cas des céramiques, des procédures d'activation adéquates sont maintenant disponibles pour le  $Al_2O_3$ , le SiC, le  $Si_3N_4$ , le  $ZrO_2$ , le TiC, le TiN, les cermets ainsi que de nombreux revêtements.

- **Profondeur de l'usure anticipée**

Pour maximiser la précision des mesures, l'épaisseur anticipée de l'usure nécessaire doit être considérée au moment de fixer les conditions d'irradiation. L'épaisseur de la couche activée peut être ajustée de 10  $\mu m$  à 2 mm.

## ÉTAPE 2: LE MARQUAGE AVEC DES RADIO-ISOTOPES

Le marquage d'un matériau se fait à l'aide d'un faisceau d'ions, produit par un accélérateur de particules, que l'on dirige sur la surface à l'étude. Les particules du faisceau ont une certaine probabilité d'interagir avec les noyaux atomiques du matériau bombardé et de les transmuter en un isotope radioactif. Une infime fraction seulement des atomes sont effectivement transmutés (environ 1 dans  $10^{10}$ ). L'isotope produit lors du marquage a été sélectionné en tenant compte de l'optimisation des paramètres de mesure. La profondeur à laquelle le matériau peut être activé dépend à la fois de l'énergie du faisceau et de l'angle d'incidence du faisceau d'ions sur la cible. La quantité d'isotopes créés, *i.e.* le niveau d'activité, est contrôlée précisément par l'intensité du faisceau et la durée du bombardement.



### **Marquage d'un bague de roulement à billes**

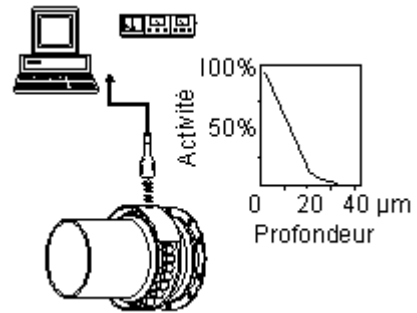
*Une couche très mince de la pièce est activée à l'aide d'un faisceau de particules accélérées.*

### ÉTAPE 3: LE SUIVI DE L'USURE OU DE LA CORROSION

La mesure de l'usure s'obtient en détectant les rayons gamma émis par le matériau activé. Ces émissions sont mesurées à l'aide de détecteurs de rayons gamma, tels que les iodures de sodium (NaI) ou les germaniums de haute pureté (HPGe). Deux approches sont possibles, chacune ayant ses points forts :

- **MÉTHODE RÉSIDUELLE**

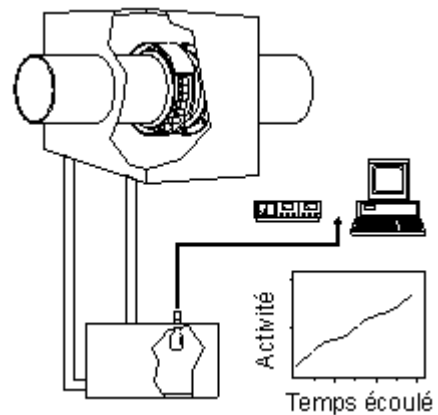
Cette méthode (aussi connue sous le nom de méthode directe) consiste à placer le détecteur près de la zone active de la composante marquée. L'activité peut être détectée au travers d'une couche intermédiaire de matériau, tant que celle-ci ne dépasse pas quelques centimètres d'épaisseur (pour l'acier). À mesure que le matériau radioactif est retiré, l'activité de cette zone diminue. Cette variation de l'activité est alors convertie, en temps réel, en épaisseur usée de matériau. Cette méthode a l'avantage de s'auto-calibrer.



*Le système de mesure détecte la diminution de l'activité due à la perte de matériau dans l'aire activée.*

- **MÉTHODE PAR CIRCULATION**

Cette méthode est utilisée quand les particules usées peuvent être collectées dans un circuit de lubrifiant. Deux approches différentes sont alors possibles : soit que l'on suive l'activité en suspension dans le lubrifiant, soit que l'on suive l'accumulation de particules d'usure piégées par un filtre ou un aimant. L'objectif est de mesurer l'activité des particules transportées par le lubrifiant loin de la composante activée. Cette variation de l'activité est alors convertie, en temps réel, en épaisseur de matériau usée. Cette méthode a l'avantage de d'une grande sensibilité.



*Le système de mesure détecte l'augmentation de l'activité dans le lubrifiant ou le réfrigérant.*



## 2. Principaux avantages de TLA

- **SUIVI EN DIRECT**

Cette technique offre les avantages des mesures continues de l'usure ou de la corrosion sans qu'il soit nécessaire d'établir un contact avec la composante, qui peut alors être utilisée dans son environnement usuel. Elle permet à l'utilisateur d'accumuler d'importantes informations sur la dynamique de l'usure et de les corréler avec les divers paramètres d'opération. Ceci peut être accompli dans un unique test et donc minimiser les coûts associés aux temps-morts et aux interruptions inattendues. En fournissant une information en temps réel sur les composantes critiques, la technique permet de comprendre l'évolution du processus de dégradation, aidant ainsi à optimiser les programmes de maintenance préventive et permettant une meilleure connaissance de la durée de vie utile d'une composante.

- **TRÈS GRANDE PRÉCISION**

Les mesures TLA offrent une précision exceptionnelle résultant en des temps de mesure beaucoup plus courts. Dans certaines applications le système est capable de détecter des pertes aussi faibles que 0,01  $\mu\text{m}$ .

- **LOCALISATION EXACTE DE L'USURE**

À la différence des autres techniques tribologiques, TLA permet de sélectionner une aire d'intérêt très bien définie sur la composante. L'étude peut donc se concentrer exclusivement sur une petite section de la composante, sans être aucunement affectée par l'usure du restant de la pièce ou des autres morceaux.

- **CONVIENT À PRESQUE TOUS LES MATÉRIAUX**

Cette technologie rend possible l'étude de céramiques ou de nouveaux matériaux soumis à l'usure. À cause de leur propriété non-magnétique et de leur forte résistance à l'usure, plusieurs de ces matériaux requièrent des mesures extrêmement précises qui ne peuvent être effectuées que par TLA.

- **MESURES COMBINÉES**

Les comportements de plusieurs composantes soumises à l'usure peuvent être étudiés simultanément. Un exemple d'application typique est le suivi en parallèle de l'usure d'une chemise de cylindre et de son premier segment de piston.

- **PIÈCES INACCESSIBLES**

L'activation superficielle permet d'évaluer les pertes de matériel provenant de composantes dont la géométrie ne permet pas d'utiliser de nombreuses autres méthodes. Cette technique permet aussi d'effectuer le suivi en temps réel de pièces installées dans des systèmes complexes où elles sont pratiquement inaccessibles.

### 3. Applications industrielles

---

*La technologie TLA réduit significativement le nombre et la durée des tests nécessaires et par conséquent réduit considérablement la demande en temps et en argent qu'imposent les études récurrentes. En somme, c'est une solution économique et très efficace pour maîtriser les phénomènes d'usure et de corrosion dans les applications industrielles, en autant que les particules d'usure puissent être évacuées de la zone marquée.*

---

- **L'industrie automobile**

L'industrie automobile est un des principaux usagers de la technique d'activation superficielle. Dans ce cas les principaux avantages sont la précision avec laquelle on peut obtenir des informations, et par conséquent une réduction significative du temps requis par le développement des composantes de moteur. Les applications typiques incluent les études du comportement des chemises de cylindre, des segments et des rainures de piston, des coussinets de valves, des arbres à cames, des paliers, des pompes à injection, des engrenages, etc. soumis à l'usure et à la corrosion.

- **L'industrie aéronautique**

L'aspect sécurité dans ce secteur implique de nombreux essais et de longues durées. TLA permet de faire des développements plus rapidement grâce à sa grande sensibilité, de mesurer en direct et de localiser précisément l'origine de la dégradation. Les applications typiques incluent des tests de paliers, de joints universels, de dentures, de rotules, d'aubes de turbines et de labyrinthes.

- **Les centrales électriques et l'industrie chimique**

D'importantes économies sont réalisées par les industries chimiques et les centrales électriques. Les bris dûs à la corrosion peuvent entraîner des coûts considérables liés aux temps d'arrêt, aux inspections et aux

Procédures de démontage. L'installation de sondes activées par exemple est une méthode particulièrement efficace et fiable pour suivre *in situ* et en direct, le comportement de la corrosion dans les zones critiques. Les mesures sont effectuées dans des conditions normales d'opération et dans un environnement extrêmement hostile.

- **L'industrie des lubrifiants**

TLA accélère de beaucoup le développement des nouveaux lubrifiants et additifs. Le suivi continu permet de changer les paramètres cruciaux au cours d'une même mesure pour voir directement leur influence sur les procédés d'usure ou de corrosion.

- **Les industries maritime et du rail**

TLA a été utilisée pour mesurer l'usure de composantes de plusieurs types de moteur. L'usure de la zone de contact d'un galet de guidage avec son rail a aussi été étudiée.

- **Les industries mécanique et des nouveaux matériaux**

Dans tous les champs d'activité où la perte de matériel doit être quantifiée précisément, TLA se montre une méthode des plus efficaces. Ceci inclue le développement et le suivi des pièces de machines thermiques, des turbines, des freins, des métiers à tissage, des outils de coupe et des nouveaux matériaux, céramiques et revêtements.



## 4. Services TLA offerts par les technologies ANS

Pour faire en sorte que les avantages de la technique d'activation superficielle soient accessibles au plus grand nombre d'industries possible, les technologies ANS offrent un éventail complet de services :

- **SERVICE COMPLET**

Pour une application standard, le service comprend l'étude préliminaire, l'activation, et le suivi. Le client n'a à s'impliquer que dans l'analyse préliminaire, l'installation des composantes activées et le fonctionnement de ses équipements spécifiques. Le système de suivi est apporté sur place, installé et opéré par le personnel de ANS. Après l'expérience, une analyse complète est effectuée et un rapport écrit est expédié au client.

- **APPLICATIONS DE ROUTINE**

ANS supporte aussi les clients intéressés à faire un usage régulier de cette technique. Dans ces cas, ANS peut dispenser, sur place, une formation au personnel du client, lui procurer les services d'activation et/ou les équipements et le logiciel (achat ou location). Les applications de maintenance préventive sont habituellement d'une durée prolongée. Nous proposons alors notre assistance dans l'intégration du système de suivi aux procédures et aux équipements du client. Dans tous les cas ANS demeure disponible pour consultation quand le client désire entreprendre une nouvelle application ou s'il fait face à des complications inattendues, de nature technique ou dans l'interprétation de ses résultats.

- **MESURES DE DÉGRADATION TOTALE**

Pour les clients intéressés, ANS peut mesurer hors site l'usure ou la corrosion accumulée pendant tout un test. La composante étudiée doit d'abord être activée et mesurée par ANS, elle est ensuite retournée au client pour qu'il la teste et finalement la retourne chez ANS pour une dernière mesure de l'activité résiduelle. Les résultats sont décrits en détails dans un rapport écrit que produit ANS.

- **ASSISTANCE COMPLÈTE POUR LA LOGISTIQUE ET LES AUTORISATIONS**

ANS s'occupe du transport des composantes du laboratoire d'activation au site d'expérimentation du client. Ce transport est effectué, lorsque nécessaire, par une firme spécialisée, sélectionnée pour son strict respect des réglementations concernant la manipulation de matériel radioactif. L'activité produite dans une composante est toujours limitée au minimum et il est souvent possible de la maintenir en deçà du seuil à partir duquel des autorisations et de mesures spéciales s'appliquent. Si la chose est nécessaire, ANS assistera le client dans les démarches administratives que la commission de contrôle pourrait exiger. L'établissement d'un protocole pour le rejet des pièces ou autres rebus actifs fait partie intégrante de tous les services offerts. Si nécessaire, ANS verra elle-même à ce que ces objets quittent le site d'expérimentation du client.

Puisque la manipulation des composantes activées est de courte durée et que la distance entre le sujet et la source diminue le niveau d'exposition, la dose susceptible d'être reçue est typiquement minime. L'exposition peut aussi facilement être réduite en interposant un matériau atténuateur. La manipulation et l'utilisation de pièces activées ne nécessite d'ordinaire que les précautions les plus élémentaires.

## 5. Au sujet des technologies ANS ...

---

*Les technologies ANS sont une division de Atlantic Nuclear Services Ltd., une société privée qui offre un large éventail de produits scientifiques et de services à l'industrie et aux institutions publiques. ANS s'implique dans la recherche technologique de fine pointe, en coopération avec de nombreuses universités, agences gouvernementales et intérêts privés. Les technologies ANS offrent une variété de services dans le domaine de l'activation superficielle.*

*Avec son expérience, son savoir-faire, et par l'entremise de ses nombreux contacts dans le nucléaire, l'électronique, les ordinateurs et l'aérospatiale, ANS est en mesure d'assurer à ses clients qu'ils obtiendront le meilleur et le dernier cri disponible dans le domaine de l'analyse non-destructive, où l'activation superficielle occupe une place de choix.*

---

Pour de plus amples informations concernant l'activation superficielle ou tout autre produit ou service de ANS, prière de contacter

**Kenneth Oxorn, Ph.D.** ou  
**Yves Trudeau, Ph.D.**

**Les technologies ANS**  
Laboratoire René-J.-A.-Lévesque  
C.P. 6128, succursale Centre-ville  
Montréal (Québec) Canada  
H3C 3J7

Tél. : (514) 343-7669  
Télec. : (514) 343-6215

[Oxorn@LPS.UMONTREAL.CA](mailto:Oxorn@LPS.UMONTREAL.CA)

<http://WWW.ANST.CA>