

# Dysfonctionnements d'équipements,

## Contribution au débat

par Bertrand Dusanter,  
Scientific Knowledge Manager  
Eramet Ideas

J'ai été moi-même confronté à ces problématiques quand j'étais responsable d'Entretien à la Société le Nickel, vieille - techniquement - de 40 ans, avec des moyens de maintenance forcément limités, et j'aimerais apporter quelques éclairages sur ce sujet.

Comme on le dit en science de l'automatique, l'état de l'usine où j'ai opéré a un temps de relaxation de 40 ans, mais mon expérience de terrain n'en n'a eu que 7. Cela laisse imaginer que cette expérience est incomplète... Néanmoins, j'ai vu des machines de 40 ans mourir plus ou moins vite, et d'autre être remplacées, et d'autres perdurer. J'ai aussi vu des machines inventées 6 mois auparavant (boîtier Ethernet) mourir en 3 mois, causant des dégâts (financiers) supérieurs. A l'inverse, il y a aussi des systèmes totalement silencieux tels des égoûts ou des conduits souterrains d'eau de mer, qui sont largement plus vieux encore, dont la ruine aurait des conséquences désastreuses, et qui durent... encore, on ne sait pourquoi.

Je souhaite contribuer à définir la théorie d'une politique de maintenance, ayant pour but de réduire les Dysfonctionnements d'Equipements à un niveau « acceptable » pour le management.

Deux axes non techniques qui me semblent importants :

- Le premier : la synchronie/dyschronie

Le problème de la maintenance prend une tournure différente selon le "couplage homme-machine". Je n'ai pas trouvé d'autre mot pour désigner ce phénomène. Deux cas de figures idéaux peuvent se présenter. Un cas réel correspond alors à une situation intermédiaire entre ces deux idéaux. Il est d'ailleurs différent d'une usine à une autre, voire d'un atelier à un autre.

Le premier cas est quand le vieillissement des machines est synchrone avec le vieillissement (et la maturation) des hommes de maintenance. Dans ce premier cas, une certaine forme de mémoire et d'habitudes se créent dans la durée. Sur de grosses machines sidérurgiques fonctionnant 24h/24, on sait que tel capteur s'abîme plus ou moins à tel endroit, à tel rythme. On sait aussi que tel élément majeur de la machine nécessite un entretien tous les trois mois. On s'y habitue, on en vient parfois à oublier même que les trois mois en question provenaient initialement d'une autre raison (ex. : la disponibilité rare des monteurs de briques réfractaires, ou bien certains nettoyages), et que les travaux que l'on planifie tous les trois mois finissent par se dimensionner à la règle des trois mois. Le fonctionnement régulier d'une telle maintenance permet réellement – tout égal par ailleurs – de maintenir une usine en état de produire. Il apparaît alors que les

habitudes du personnel de maintenance ont une évidente vertu d'efficacité à conserver un taux de marche de la machine. En revanche, mais elles ne sont point probantes pour définir un taux de marche "idéal", c'est-à-dire alliant à la fois une tendance à tangenter un maximum, avec un minimum de coûts et un maximum de bénéfices. Les habitudes sont des économies de l'esprit, comme on dit.

La situation est bien différente dans le deuxième cas, quand les hommes, ou des technologies, sont en dyschronie. Soit que les hommes soient remplacés trop vite, soit que les technologies se renouvellent trop vite. J'ai connu aussi ce cas de figure. On nous avait installés dans de vieilles machines minières de 40 ans des capteurs GPS, des calculateurs, des réseaux hertziens, des boîtiers Ethernet etc... tout un nombre d'éléments ultra-modernes censés favoriser la performance et le taux de marche. On avait confié la maintenance à la cette même équipe d'électriciens qui avait encore l'habitude des moteurs à balais à résistance rotorique. Evidemment, on trouve toujours dans un équipe un électricien surdoué de circonstance pour avaler la nouvelle technologie, prime incluse, mais force est de constater que cette personne reste en réalité seule à absorber ces nouvelles technologies. Je vous laisse imaginer ce qu'est devenu le boîtier Ethernet dans une ambiance tropicale d'un petit boîtier en plein soleil, et les conséquences sur la machine elle-même.

La dyschronie inverse, c'est quand on met dans les mains d'une personne une machine qui a déjà 40 ans, qui nécessite des suivis de long terme et très fins sur certains de ses composants. Exemple : la planéité d'une surface de roulement, ou l'équilibre d'un réducteur Bogiflex. Sans le transfert de savoir-faire nécessaire, on ne voit rien d'une dérive millimétrique pendant quelques années, puis quand on finit par voir les conséquences de la dérive, c'est trop tard.

Ce que j'en ai tiré, c'est que les moyens de maintenance ne se fixent pas en nombre d'heures-ouvrier, ni en budgets, mais devraient en principe être réglés par une harmonie entre les savoirs, les motivations des hommes, et la façon dont les machines s'usent à travers le temps *dans la réalité*. J'en arrive au deuxième point corrélatif.

- Le deuxième : la fractalité des lois d'usure.

On supposera qu'un lecteur de la SCM a baigné dans Mandelbrot et ses fractales, qui nous montrait à l'aide de zooms successifs que la description d'un état de surface peut avoir telle forme à une certaine échelle et telle forme à une autre échelle. Quand on ausculte une machine sidérurgique, dans le but de la faire durer pendant des dizaines d'années, les hommes de terrain y découvrent certaines fréquences d'usure, par exemple sur un capteur, ou une cerce, ou un ventilateur. La fréquence la plus élevée des changements de pièces est bien sûr connue. Elle est même connue de l'ouvrier. Les causes réelles de l'usure sont en revanche bien moins connues : en fait elles sont fractales. On n'a jamais fini de les zoomer. Peut-être le capteur subit-il les effets délétères de vibrations, ou de l'eau de pluie, ou d'une fragilité intérieure. La cerce d'appui reçoit peut-être des efforts trop puissants qui sont liés à un mauvais réglage mécanique à plusieurs mètres de là. Le ventilateur provient éventuellement d'un fournisseur moins sérieux, qui a moins bien réglé le balourd. Le changement du support du capteur peut aussi, à force de dévissage/revissage, constituer une autre fréquence plus faible cachée par la première.

Ainsi, à mesure que l'on dissèque intellectuellement la machine et ses conditions d'emploi, on est confronté à une somme impressionnante de problématiques dont la formalisation scientifique dépasse la capacité d'un ingénieur normal. Les Lois d'usure à étudier sont soit trop nombreuses, soit trop profondes : vieillissement des isolements d'un mo-

teur, vibration d'un réducteur, température maximale autorisée d'un palier, fissuration imprévue d'un élément de structure métallique, corrosion d'un acier en milieu chloré, sans compter la grande tueuse industrielle qu'est l'oxydation naturelle etc... Tout ceci finit, sans qu'on l'avoue explicitement, par l'application un bon ratio simplificateur : *à changer tous les x mois, à repeindre tous les x ans* et autres lois qu'on croit rationnelles, mais qui ne font qu'approximer localement la fractale par une ligne droite plus ou moins bien définie.

Certains praticiens de la maintenance, conscients de la synchronie/dyschronie mentionnée en point 1, peuvent évaluer un "x<sub>1</sub>", à travers la mémoire des pannes répétitives. Ayant trouvé « une » cause majeure de la panne en question, et une loi de comportement de la matière, ils peuvent proposer une solution technique, assorti d'un nouvel x<sub>2</sub> > x<sub>1</sub>. Ils auront certainement quelque succès à cela, mais la matière a ses raisons que la raison ne connaît point. Le diable se situant dans les détails, c'est par un détail qu'il ne connaît pas encore que la panne suivante réapparaîtra, plus tard, au même endroit, mais pour une cause plus profonde. Ont-ils décidé de remplacer tous les deux ans les roulements d'un rouleau de convoyeur, que la fragilité autrefois cachée se manifesterait, dans le caoutchouc, les soudures, que sais-je... la paille d'acier qui était incluse dans la billette dont fut usiné l'arbre.

Face à ce processus, que le maintenancier connaît bien par expérience, mais qu'il formule assez mal bien souvent, la réponse pragmatique a longtemps été la suivante : changez l'organe complet, avec ses roulements, son arbre, son caoutchouc, sa peinture et ses soudures tous les « x<sub>3</sub> » et ne cherchez pas le détail. S'il a pu convaincre son autorité financière, il sera applaudi et on validera son budget de maintenance préventive. S'il n'a pas pu convaincre, son budget ne sera pas accordé, et plus ou moins directement on lui remettra la tête dans la fractale des lois d'usure pour qu'il trouve une solution moins onéreuse.

Les ingénieurs confrontés à la pénurie de ressources sont néanmoins créatifs, ils ont inventé dans les années 1990-2000 de nombreuses méthodes de diagnostic quasi médicaux : analyses d'huiles, analyses vibratoires, analyses thermographiques, analyses ultrasoniques. Ces progrès techniques incontestables ont permis des avancées, et rajoutent des sujets nouveaux à notre maintenancier : désormais, il lui faudra prévoir, à partir des relevés faits en marche, quand aura lieu la prochaine panne, afin d'y circonvier avant. Le voilà à nouveau plongé dans la fractalité des lois causales des lois d'usure. Au point de vue méthodologique, il n'a pas vraiment avancé.

Le balayage systématique et effectif des causes qui empêchent la machine de tenir sa cible de taux de marche amène mécaniquement l'activité de maintenance à deux issues méthodologiques

- Soit on a une latitude budgétaire, que permet le positionnement d'une entreprise moderne vendant un produit attirant et donc générant de la marge, associée à une gouvernance éclairée, et bientôt l'ensemble de l'activité de maintenance, finalement optimisée, relèvera de ratios approximatifs, sécurisés, coûteux, mais efficaces. Ces ratios multiples forment comme une courbe polygonale passant à proximité de la fractale, sans trop la toucher.
- Soit on n'a pas de latitude budgétaire, et le maintenancier devra faire face à ce que devrait, finalement, préférer l'industriel, mais que bien souvent il abhorre aujourd'hui : le risque. Dans certains petits domaines, on arrivera bien, au cœur du procédé, à choisir des ratios de maintenance qui traversent la fractale, c'est-à-dire qui assurent, ici où là, la réalisation d'un certain nombre de pannes, sans qu'on

sache trop lesquelles à l'avance. Mais le plus vraisemblable, c'est en réalité on va carrément recouvrir la fractale, c'est-à-dire mordre amplement dans la zone de risque, sur des domaines où personne ne peut véritablement bâtir un retour d'expérience. Pas vu pas pris.

C'est ce deuxième point, poussé à l'extrême, qui ressemble au problème de « l'incendie de Notre-Dame ». Des événements sans probabilité sérieusement connue vont arriver. Les câbles haute-tension à huile, installés à 2 mètres sous la terre il y a 40 ans ne risquent-ils pas un court-circuit fatal qui va arrêter l'atelier pendant un mois ? Réponse : aucune réponse, si ce n'est du même genre que celles que vous proposez : contrôles d'investigation élargis quand on a quelques raisons de couper la haute tension et de travailler sur cet équipement. Ou bien recherche de vagues signaux précurseurs sur lesquels il n'y a pas d'historique réel et fiable. Bref, vu la quantité des problématiques technico-scientifiques, et la nécessité budgétaire donc nous avons parlé en hypothèse, la société se trouvera régulièrement avec des pannes imprévisibles, nombreuses, et *énervantes*.

Claude Allègre avait en son temps expliqué pourquoi les catastrophes climatiques, telles que des inondations, avaient bien souvent leur origine dans les décisions irraisonnées de la gestion des eaux des territoires. Il illustre bien que les solutions à un problème sont liées à un contexte réel qui échappe parfois aux opérateurs eux-mêmes. On aura beau répéter que l'usure est une réalisation de l'entropie, et que *l'énervement contre les pannes est un ajout à l'entropie*, rien n'y fera.

La question donc de l'optimisation de la maintenance, en vue de supprimer les dysfonctionnements d'équipements, n'a donc pas véritablement de réponse absolue, et en tout cas, il me semble, ne peut trouver de réponse satisfaisante que quand on sait placer son usine ou son atelier sur un point du plan déterminé par les deux axes sus présentés.

Or, ces axes ont principalement une dimension humaine : relations des hommes à l'outil de travail, pour le premier, et connaissance du métier et des lois de la nature, pour le deuxième.

Une fois connu le positionnement de l'entreprise sur ces axes, on peut espérer établir une dynamique de progrès de maintenance qui sorte enfin de la dialectique habituelle liée à la frustration des pannes, en voyant l'activité de maintenance comme une aventure en elle-même, contributive au succès technique de l'entreprise.

Bertrand DUSANTER  
Scientific Knowledge Manager



Eramet Ideas  
1, Avenue Albert Einstein  
F-78190 Trappes

[bertrand.dusanter@eramet.com](mailto:bertrand.dusanter@eramet.com)