



Vieillessement des matériaux, des équipements, des installations

Le besoin de comprendre les lois de vieillissement existe de toute éternité : on souhaite pratiquer des inspections et apporter des remèdes.

Deux approches sont possibles :

- On essaie de comprendre les lois physiques qui régissent ce vieillissement ; on n'y parvient pas, parce que ces lois sont trop complexes et que l'on ne sait même pas à quelle échelle travailler (atomique ? microscopique ? macroscopique ?) ; les lois sont discontinues (un ouvrage peut ne donner aucun signe de fatigue apparent et s'effondrer à bref délai) et absolument non-linéaires.

Il y a un contre-exemple en apparence : la formule de stabilité des talus, que nous avons obtenue en 2023 à la demande de la RATP, par la méthode d'Archimède, est explicite et exploitable. Mais cela tient au fait que le matériau est homogène et la géométrie particulièrement simple : nous serions incapables de faire de même pour un pont.

- L'approche probabiliste, consistant à regarder les données sur de longues périodes et à déterminer, par des méthodes purement probabilistes, les paramètres qui influent le plus sur le vieillissement. Ce peut être par exemple l'humidité, le trafic, les vibrations, etc.

L'avantage de la seconde approche est qu'elle est facile à mettre en œuvre ; l'inconvénient est qu'elle ne donne qu'une conclusion générale et grossière. Elle permettra par exemple de définir un plan d'inspection des équipements (telle catégorie, dans telle région et dans telles conditions est plus exposée), mais ne répond jamais à la question de savoir l'état précis d'un équipement en particulier.

Nous-mêmes ne pratiquons que la seconde approche, mais nous recommandons que les efforts soient poursuivis pour une meilleure compréhension des lois de la physique : collaboration la plus étroite possible entre toutes les institutions, organismes, entreprises, qui pratiquent l'une ou l'autre approche. Elle a vocation à être internationale et facilitera l'échange de données et une meilleure compréhension des lois.

Nos réalisations

Jusque récemment, aucun organisme ou entreprise ne nous avait jamais posé la question sous la forme "comprendre les lois de vieillissement". On nous demandait de définir un plan de maintenances, un plan d'inspection. Il y a un besoin opérationnel immédiat, qui se traduit rarement par une capitalisation du retour d'expérience.

- [1]. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1993 : Etude d'une formulation par éléments finis d'un modèle de transfert de chaleur et d'humidité dans les composants et ouvrages du bâtiment
- [2]. Hydroexpert, Orsay, 1994-1997 : Simulations d'écoulements en milieu poreux
- [3]. EdF (Chatou), 1997-2000 : Traitement du signal en Contrôle non Destructif ; reconstitution de signaux fortement atténués
- [4]. Service Technique des Routes et Autoroutes, 1999 : Analyse et remise à niveau d'un logiciel technique
- [5]. Société d'Aménagement Urbain et Rural, 2003 : Modélisation des réseaux de distribution d'eau
- [6]. Veolia Environnement, 2003-2005 : Etude de dimensionnement concernant le réseau d'assainissement de Brest à horizon 2010-2015
- [7]. Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA), 2007 : Analyse probabiliste des modèles de transferts de radionucléides
- [8]. IRSN, 2007 : Méthodes probabilistes pour l'analyse des incertitudes liées à la sûreté des réacteurs nucléaires (applications de l'Hypersurface Probabiliste)
- [9]. EdF, CIDEN, 2007 : Méthodes probabilistes pour l'analyse de la radioactivité des centrales nucléaires en déconstruction
- [10]. Délégation à la Sûreté Nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense, 2007-2008: Etude sur le cadre méthodologique des études de sûreté probabilistes
- [11]. Réseau Ferré de France, 2008 : Etude statistique concernant les causes des retards des trains en Ile de France
- [12]. Réseau de Transport d'Electricité, 2008 : Le réseau RTE de la région de Flers ; méthodologie probabiliste relative à une décision d'investissement. Analyse des vulnérabilités
- [13]. Snecma Propulsion Solide, 2009 : Méthodes probabilistes pour la fiabilité

- [14]. IRSN, 2009 : Validation des lois de probabilité utilisées dans les Etudes Probabilistes de Sûreté
- [15]. Agence Nationale pour les Déchets Radioactifs, 2009 : Modèles mathématiques pour la propagation des radionucléides dans le sol
- [16]. Areva, 2010 : Méthodes probabilistes pour l'étude d'un stockage de déchets radioactifs
- [17]. Agence Nationale pour les Déchets Radioactifs, 2010 : Amélioration d'un logiciel de transfert multicouches
- [18]. Réseau Ferré de France, 2011 : Analyse des causes des retards des trains et optimisation des décisions d'investissement
- [19]. SNCF, 2011 : Optimisation des investissements relatifs aux travaux à réaliser
- [20]. ANDRA, 2011 : Améliorations d'un logiciel de transfert de radio-nucléides
- [21]. Air Liquide, 2011 : Algorithmes d'aide à la décision
- [22]. IRSN, 2011 : Etudes probabilistes concernant la sûreté des réacteurs, tenant compte du vieillissement
- [23]. ANDRA, 2012 : Amélioration d'un modèle de transfert multi-couche pour les radionucléides
- [24]. Réseau Ferré de France, 2012 : Mise en place d'indicateurs de criticité
- [25]. Air Liquide, 2012 : Bases de données de fiabilité
- [26]. Areva, 2012 : Méthodes probabilistes pour l'évaluation des propriétés mécaniques de plaques
- [27]. RFF, 2013 : Amélioration de l'outil de mesure de criticité des lignes Transilien
- [28]. IRSN, 2014 : Le "risque résiduel" en sûreté nucléaire
- [29]. EDF SEPTEN, 2015 : Etudes relatives à la sûreté nucléaire
- [30]. RATP, 2016 : Assistance scientifique pour la définition du planning de remplacement pour des équipements critiques
- [31]. SNCF/Transilien, 2017 : Analyse critique de modèles de représentation des déplacements ; réalisation d'un outil de simulation
- [32]. Syndicat des Eaux d'Ile de France, 2017 : appui méthodologique
- [33]. Réseau de Transport d'Electricité, 2017-2018 : Analyse de maintenances préventives

- [34]. BRGM, 2018-2019 : Outils probabilistes relatifs à la pollution des sols
- [35]. RATP, 2018-2019 : Etude probabiliste des efforts dus aux tractions et freinages des matériels roulants sur la structure des viaducs
- [36]. SARP Industries, 2019 : Hiérarchisation des paramètres intervenant dans un process industriel
- [37]. Industriel, 2019 : Amélioration d'un process de fabrication
- [38]. Orano Mining, 2019 : Hiérarchisation de paramètres intervenant dans un process industriel
- [39]. Air Liquide, 2021 : analyse de la durée de vie de certains composants
- [40]. Eiffage Rail, 2021 : Outils pour l'analyse de la fiabilité des équipements
- [41]. Teréga, 2021 : Méthodes probabilistes pour la vérification de l'intégrité des canalisations
- [42]. Bouygues Energies & Services, 2022 : Appui méthodologique à la conception d'un système d'information "Dysfonctionnements et Maintenances"
- [43]. RATP, 2022-2023 : Analyse de la stabilité de talus anciens ; l'approche d'Archimède
- [44]. SNCF, 2023 : Appui méthodologique aux plans d'inspection des rails