

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE

UTC

Maitrise des Risques

TD 3 : Perception du risque

UV TS01

Resp : christophe.proust@utc.fr

donnons un sens à l'innovation



Pourquoi ces exercices ?

Le prétexte de ces exercices est la **construction de matrices de criticité** mais **en adoptant différents points de vue** pour mesurer l'effet de la perspective avec laquelle les uns et les autres abordent un sujet de risque. Le premier exercice concerne le risque professionnel tandis que le second un risque industriel. Dans les deux cas, il y a des interlocuteurs différents avec des points de vue différents.

Choix d'une matrice de criticité

Une question de perception et
d'acceptabilité

Risques professionnels

Les différents points de vue (i)

Nous commencerons par nous « mettre dans la peau » d'un chef d'entreprise manufacturière par exemple (200 personnes) qui veut mettre en place une politique sécurité dans le cadre par exemple de la mise en place du « document unique ». Il demande à l'un de ses cadres, formé à la sécurité, de conduire cette démarche en demandant aux intéressés, individuellement ou par petits groupes, de constituer la matrice de criticité...

Savoir définir les échelles

de gravité

Mineur/significatif/grave/très grave

et de vraisemblance

Fréquent & peu fréquent/rare/très rare/ extrêmement rare

Et Établir la matrice de criticité

PME Industrielle d'environ 200 salariés

Les accidents du travail vus par le personnel

Niveaux de gravité des accidents de travail :

- Blessure bénigne
- Blessures avec soins infirmiers
- Blessures avec arrêt de travail AT (jours, mois,...)
- Incapacité professionnelle (IP) partielle (moins de 50% d'invalidité),
- Incapacité professionnelle (IP) totale (plus de 50%)
- Maladie professionnelle : ..., AT, IPP, IPT
- Décès

Les discussions dans les groupes

L'objectif est de faire un lien entre les éléments de gravité et la fréquence de manière à obtenir une grille « équilibrée ». Pour cela, on associe des exemples concrets aux éléments de gravité ce qui permet d'une part de mesurer les impacts (mineur, significatif...) et d'autre part de se faire une idée de la temporalité associée. Ainsi ont été jugés « mineurs », les blessures sans arrêt de travail et, sur la base de l'expérience personnelle de chacun, il a été jugé qu'une personne pouvait facilement se blesser plusieurs fois par an ce qui définit le critère « fréquent/peu fréquent ». Les blessures avec soins existent mais ne sont pas déclarées car c'est un peu la honte... Ont été jugés « très graves », le décès, la maladie professionnelle grave invalidante et l'accident grave avec invalidité totale (vaut-il mieux être handicapé/gravement malade à vie pour un ouvrier qui se valorise par le travail de ses mains...ou mort ?). Chacun sait qu'il peut être très gravement malade et qu'il mourra avec une durée de vie de 80 ans. Une temporalité de 100 ans (au-delà de l'espérance de vie) a été choisie pour « très grave » ce qui correspond à la fréquence « extrêmement rare ». Est considéré comme « grave », un accident ou une maladie professionnelle provoquant une IP mais sans interrompre la vie professionnelle (c'est-à-dire partielle avec éventuellement reclassement). Sur la base de l'expérience personnelle (une dizaine de cas d'étudiants sur 200 sur 1 an soit $10/200/1=1/20$) on a choisi une temporalité de 20 ans (soit fréquence « très rare »). La gravité restante (significatif) doit logiquement correspondre à une temporalité intermédiaire entre « grave » et « mineur ». Typiquement comme un accident domestique, une maladie qui vous arrête (grippe). On a choisi 5 ans (fréquence « rare ») .

....

Les discussions dans les groupes

...

On notera que ces échelles ont été choisies sur la base de l'expérience individuelle. Si on devait établir une matrice de criticité personnelle, elle aurait sans doute la colonne « mineur » entièrement verte, la colonne « très grave » , rouge, sauf la case « extrêmement rare » qui serait jaune. La case jaune pour « significatif » serait à « rare » et pour « grave » à « très rare ».

Niveau	Exemple
Peu Fréquent / Fréquent	1 fois par mois
Rare	1 fois tous les 5 ans
Très rare	1 fois tous les 20 ans
Extrêmement rare	1 fois tous les 100 ans

	Mineur	Significatif	Grave	Très grave
Fréquent				
rare				
Très rare				
Extrême ment rare				

Niveau	Définition	Exemple
Mineur	Blessures légères ou avec soins infirmiers, incommodation passagère	Respirer une bouffée d'un produit irritant, contusion, brûlure, coupure
Significatif	Blessures avec AT ou incapacité temporaire	Fracture, entorse, plaies profondes, commotion, RPS
Grave	Blessures avec incapacité permanente partielle, maladie professionnelle incapacitante	Perte d'un membre, de l'audition d'une oreille, TMS tendinites chroniques, lombalgies, trauma Psychique
Très grave	Décès, Blessures avec IP totale, MP invalidante	Chute en hauteur, amiante, accident de la route grave, psychose

Grille des employés/ouvriers

Le point de vue du patron...

...

Mais il faut se mettre à la place du chef d'entreprise qui s'occupe de 200 personnes. Le risque individuel est multiplié par 200 ! Peut-il ainsi accepter une fréquence de décès ou d'invalidité grave de $200 \times 1/100$ soit 2 personnes par an ? Donc avec la grille choisie, la colonne « très grave » sera entièrement rouge. De même, pourrait-il juger encore acceptable que $200 \times 1/20 = 10$ personnes par an soit mutilé. Il jugera cela inacceptable et choisira de mettre en rouge la colonne « grave » sauf à l'extrême rigueur la case « extrêmement rare » soit une fréquence de $200 \times 1/100 = 2$ personnes blessées sérieusement par an. La gravité « significatif » suppose des arrêts de travail. Il ne peut pas y avoir trop de personnes en AT en même temps. Si on considère que 20 AT par an reste tolérable alors la fréquence associée est de $20/200 = 1/10$ soit la case « rare ». Dans une entreprise industrielle, il faut admettre que les blessures seront fréquentes et passeront souvent inaperçues, mais le patron voudra surveiller car il sait que pour quelques dizaines de « dégâts » légers, il subira un sinistre grave. Donc la case « fréquent » sera jaune. Il mettra donc en place une politique de surveillance « douce » de ses équipes par exemple en créant une sorte d'infirmierie maison, accueillante, où le personnel pourra se faire soigner...et parler.

Niveau	Exemple
Peu Fréquent / Fréquent	1 fois par mois
Rare	1 fois tous les 5 ans
Très rare	1 fois tous les 20 ans
Extrêmement rare	1 fois tous les 100 ans

	Mineur	Significatif	Grave	Très grave
Fréquent				
rare				
Très rare				
Extrême ment rare				

Niveau	Définition	Exemple
Mineur	Blessures légères ou avec soins infirmiers, incommodation passagère	Respirer un bouffée d'un produit irritant, contusion, brûlure, coupure
Significatif	Blessures avec AT ou incapacité temporaire	Fracture, entorse, plaies profondes, commotion, RPS
Grave	Blessures avec incapacité permanente partielle, maladie professionnelle incapacitante	Perte d'un membre, de l'audition d'une oreille, TMS tendinites chroniques, lombalgies, trauma Psychique
Très grave	Décès, Blessures avec IP totale, MP invalidante	Chute en hauteur, amiante, accident de la route grave, psychose

Grille de la direction

Les différents points de vue (ii)

Mais cela peut malheureusement se passer autrement. On peut se trouver en présence d'un chef d'entreprise qui ne se sent pas concerné par la sécurité mais qui a l'obligation réglementaire de mettre en place une politique de maîtrise du risque (le fameux « document unique »).

Le temps c'est de l'argent, et il n'a pas de temps à perdre ! Donc il fait appel à un cabinet conseil en risque professionnel.

Vous être le consultant.

Et vous avez perçu que le chef d'entreprise ne sera pas très coopératif, d'ailleurs il négocie le prix comme un maquignon... Pas question évidemment d'interview des employés (« ils ont autre chose à faire !!! »). Il sera votre seul interlocuteur donc...

Vous décidez de ne pas vous mettre en difficultés avec cette personne et vous déclarez que vous utiliserez les données statistiques disponibles.

Savoir définir les échelles

de gravité

Mineur/significatif/grave/très grave

et de vraisemblance

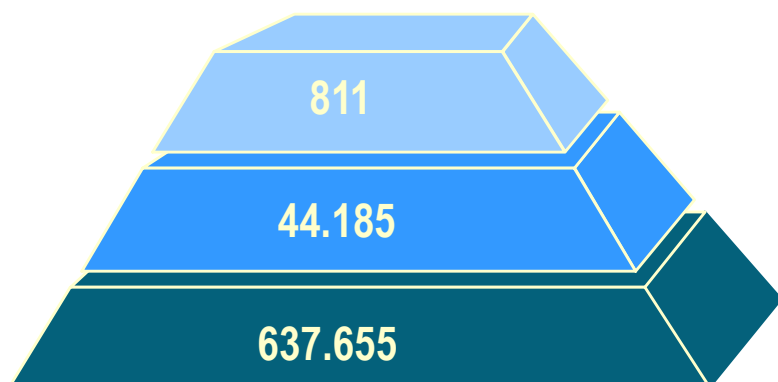
Fréquent & peu fréquent/rare/très rare/ extrêmement rare

Et Établir la matrice de criticité

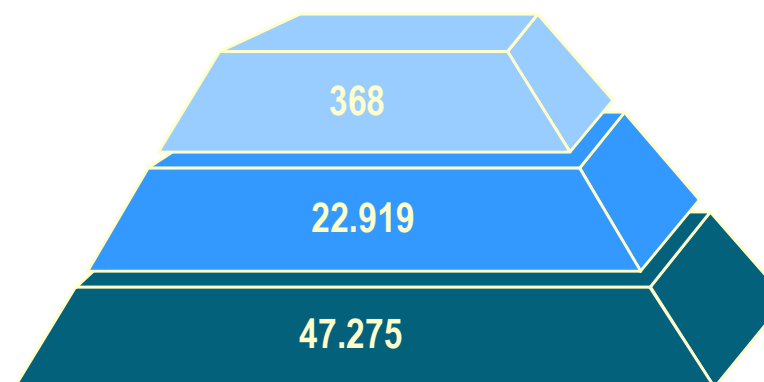
PME Industrielle d'environ 200 salariés

Donc à partir du REX ...

Accidents du travail & de trajet



Maladies professionnelles



Décès
Ac ou M
avec I.P.

Ac ou M
avec arrêts

		par salarié	200 salariés
Décès	1179	6,45E-05	1,29E-02
Acc avec IP	67104	3,67E-03	7,34E-01
Arrêt	684930	3,75E-02	7,50E+00

Nb Salariés 18 275 500

Le traitement de ces données

La caisse nationale d'assurance maladie tient des données statistiques très précises sur les accidents de travail et les maladies professionnelles. Le chef d'entreprise pourra vouloir s'en inspirer pour créer une grille de criticité qui placerait son entreprise par rapport à la « moyenne ».

Les données sont des valeurs annuelles (811 décès par accidents de travail et 368 décès par maladie professionnelle) qui, sachant le nombre de salariés, permet de calculer une fréquence annuelle de décès par le travail de $6,45 \cdot 10^{-5}$ /an par employé. Pour son entreprise il doit multiplier par 200. Il obtient alors une fréquence de décès d'un employé de $1,29 \cdot 10^{-2}$ /an. Si on reprend les critères de gravité cela correspond à « très grave » et la temporalité « moyenne » correspondante est de $1/0,00129$ soit 70 ans environ. On pourra retenir une fréquence « extrêmement rare » un peu plus petite soit $1/100$ (1 fois par siècle). On procède ainsi pour les autres items. Pour le niveau de gravité « significatif », qui correspond à la ligne « arrêt », on trouve 7,5/an soit 1 fois tous les 2 mois environ ce qui pourrait être considéré comme « rare ». Le niveau de gravité « grave » pourrait correspondre à la ligne « arrêt avec IP » dont la fréquence est de $7,34 \cdot 10^{-1}$ /an soit un peu plus de 1 fois tous les 2 ans (« très rare » dans la grille). « Fréquent » pourrait rester 1 fois/mois.

Le chef d'entreprise choisit de s'aligner sur la moyenne (il ne peut pas faire moins sinon l'inspection du travail lui tombe dessus), il propose donc une grille avec ces critères de gravité et de fréquence dont la diagonale serait des cases jaunes. Et il demande qu'on aligne la stratégie sécurité sur cela. Ce à quoi vous répondez que le minimum qui correspond nécessite des formations aux postes de travail et la définition de mesure de protection collectives et individuelles. Et comme vous n'avez pas pu intervenir dans l'usine, vous ne pouvez aller plus loin... Il comprendra alors que son choix n'est pas le bon !

Niveau	Exemple
1 – Peu Fréquent / Fréquent	1 fois par mois
2 - Rare	1 fois tous les 2 mois
3 – Très rare	1 fois tous les 2 ans
4 – Extrêmement rare	1 fois par siècle

Niveau	Définition	Exemple
1 - Mineur	Blessures avec soins infirmiers, blessures	Contusions, plaies légères
2 - Significatif	Blessures avec arrêt temporaire	Fracture, plaies ouvertes, dépression traumatique
3 - Grave	Blessures avec IP Maladie professionnelle	Perte d'un doigt, TMS Burn out dépression récurrente
4 - Très grave	Décès, Incapacité permanente grave, maladie professionnelle grave	Fracture de la colonne, amiante, cécité, surdité Inaptitude au travail

	Mineur	Significatif	Grave	Très grave
Fréquent				
rare				
Très rare				
Extrêmement rare				

Critères et grille du groupe 1

Choix d'une matrice de criticité

Une question de perception et
d'acceptabilité

Accidents nucléaires

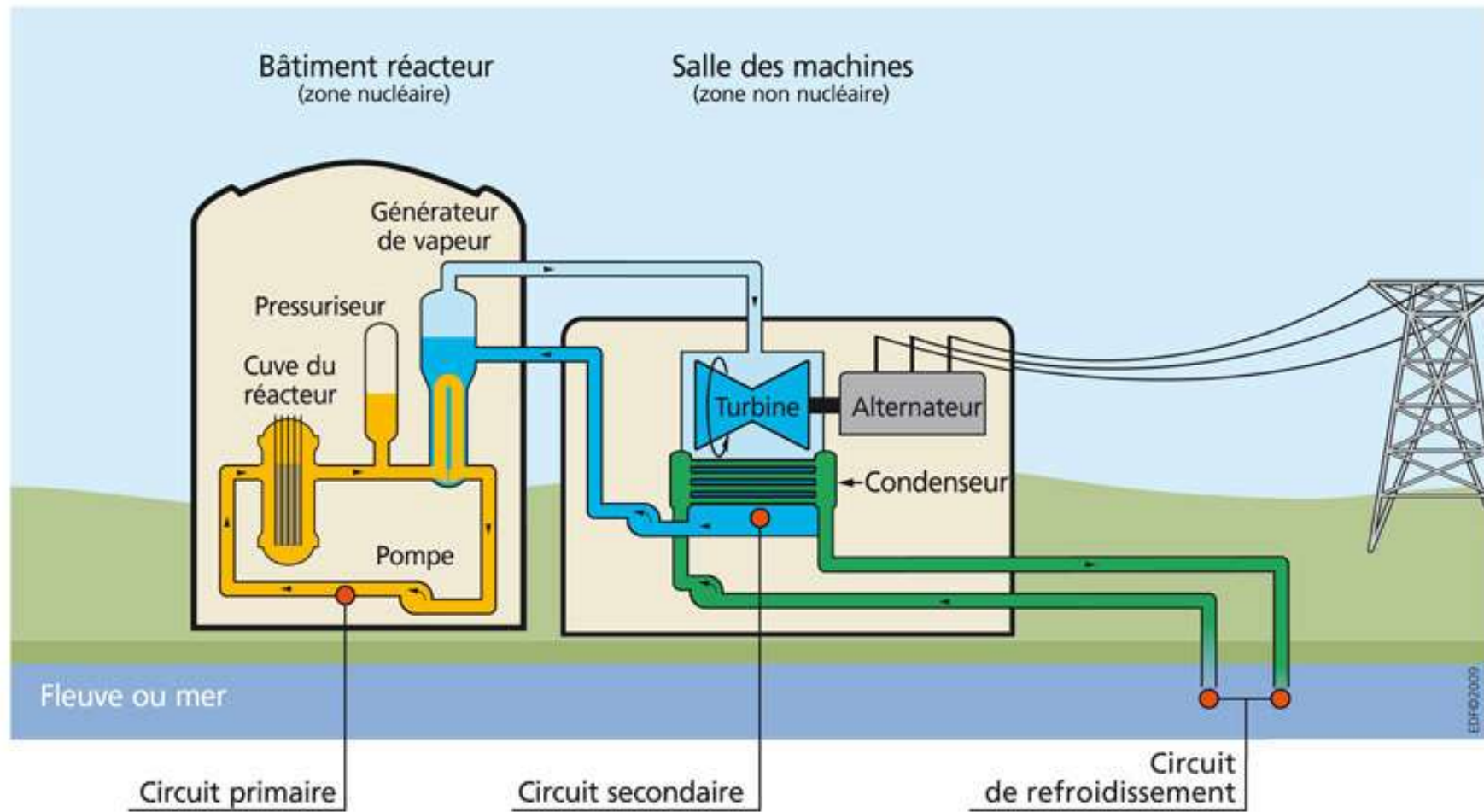
Ex 2

Les différents points de vue (i)

Il s'agit de préparer un débat contradictoire au sujet d'une modification substantielle d'une centrale électronucléaire.

Vous faites partie d'un groupe de voisins de la centrale appelés à vous prononcer ultérieurement sur le projet. Certains de vos proches travaillent dans la centrale. Et vous bénéficiez largement du bassin d'emploi autour.

On vous présente d'abord le projet.



Le fonctionnement de la centrale

On ne s'intéresse qu'à la centrale, au risque nucléaire, et non au devenir des déchets. Le risque nucléaire est la contamination radioactive des personnes et de l'environnement dans lequel elles vivent.

Le cœur de la centrale est une « chaudière » sous pression d'eau dans laquelle le combustible est de la matière nucléaire qui fissionne sous flux de neutrons. La chaleur est récupérée par le circuit primaire d'eau qui échange sa chaleur dans un échangeur secondaire (eau-eau) qui produit de la vapeur pour faire fonctionner des turbo-alternateurs. La condensation de la vapeur est réalisée par refroidissement par l'eau d'une rivière par exemple à travers un échangeur tertiaire. Le rôle de ces échangeurs est d'éviter la contamination radioactive de l'eau de refroidissement. Dans la chaudière sont formés en permanence de l'hydrogène et de l'oxygène par radiolyse mais le mélange n'est pas explosif en raison de la présence de grandes quantités de vapeur d'eau. L'eau primaire est donc radioactive mais aussi le ciel gazeux (Radon, Césium,...). La chaudière et les échangeurs sont situés dans « l'enceinte de confinement », une structure en béton armé très robuste.

Le combustible doit être renouvelé régulièrement (fréquence 5 ans). Pour cela la chaudière est arrêtée et les « crayons » contenant le combustible usagé sont retirés et transportés vers la piscine de refroidissement, à l'extérieur de l'enceinte de confinement. Ils y resteront une dizaine d'années avant recyclage.

Tous les dix ans, la chaudière est arrêtée et vidée pour être inspectée.

Savoir définir les échelles

de gravité

Mineur/significatif/grave/très grave

et de vraisemblance

Fréquent & peu fréquent/rare/très rare/ extrêmement rare

Et Établir la matrice de criticité

Les accidents nucléaires vus par les voisins

- Éléments de gravité :
 - Rejet massif d'éléments radioactifs dans l'environnement (décès, maladies graves, délaissement de la zone contaminée)
 - Rejets modérés (dans les limites du site)
 - Contamination mineure d'un membre du personnel sans IP
 - Contamination majeure du personnel avec IP et maladie professionnelle
 - Contamination de la source de refroidissement
 - Surchauffe de la source de refroidissement (biodiversité)
 - Décès de plusieurs membres du personnel

Les discussions dans le groupe

Le classement des éléments de gravité en items « mineur », « significatif »,... n'a pas été polémique sachant qu'on commence toujours par les items « très grave » et « mineur ».

La cotation de la fréquence a été plus complexe, il a fallu faire appel aux mémoires. Il y a eu deux explosions de réacteurs suite à une fusion du cœur dont une seule imputable à la gestion de la centrale (Tchernobyl, à Fukushima il y a eu un raz de marée ce qui ne peut pas se produire partout). Les centrales à eau pressurisée (REP/EPR) sont en activité depuis les années 70 soit 50 ans. Le choix a été fait de retenir cette durée pour fixer la fréquence « extrêmement rare » soit 1 fois tous les 50 ans. Pour « mineur » seuls les employés du cœur de la centrale sont concernés et en fonctionnement habituel. Du domaine de la sécurité au travail soit « fréquent » 1 fois par mois. Le cas « grave » correspondrait à un contact direct avec la matière radioactive qui ne peut être qu'accidentel, notamment lors d'une visite décennale soit « très rare » avec 1 fois tous les 10 ans. L'indice « significatif » est du domaine du presque accident qui pourrait se produire lors d'une défaillance matérielle (fuite du circuit primaire vers le secondaire) ou d'un rechargement de combustible 1 fois tous les 5 ans.

Avec ces choix la matrice de criticité peut être diagonale puisque les choix de sinistralité sont alignés sur un retour d'expérience...

Niveau	Exemple
Peu Fréquent / Fréquent	1 fois par mois
Rare	1 fois tous 5 ans
Très rare	1 fois tous les 10 ans
Extrêmement rare	1 fois tous les 50 ans

	Mineur	Significatif	Grave	Très grave
Fréquent				
rare				
Très rare				
Extrêmement rare				

Niveau	Définition	Exemple
Mineur	Faible contamination d'un membre du personnel	Exposition d'un membre du personnel en situation nominale (maintenance)
Significatif	Contamination du personnel sans IP (AT).	Contact limité avec la matière radioactive (eau des piscines. Lors du rechargement.
Grave	Contamination majeure du personnel avec décès/IP. Contamination limitée à l'extérieur.	Fuite sur circuit primaire. Contact avec les effluents ou les éléments radioactifs (visite décennale)
Très grave	Contamination massive de l'environnement	Fuite massive de l'enceinte de confinement (explosion) entraînant décès et IP. Fusion du cœur.

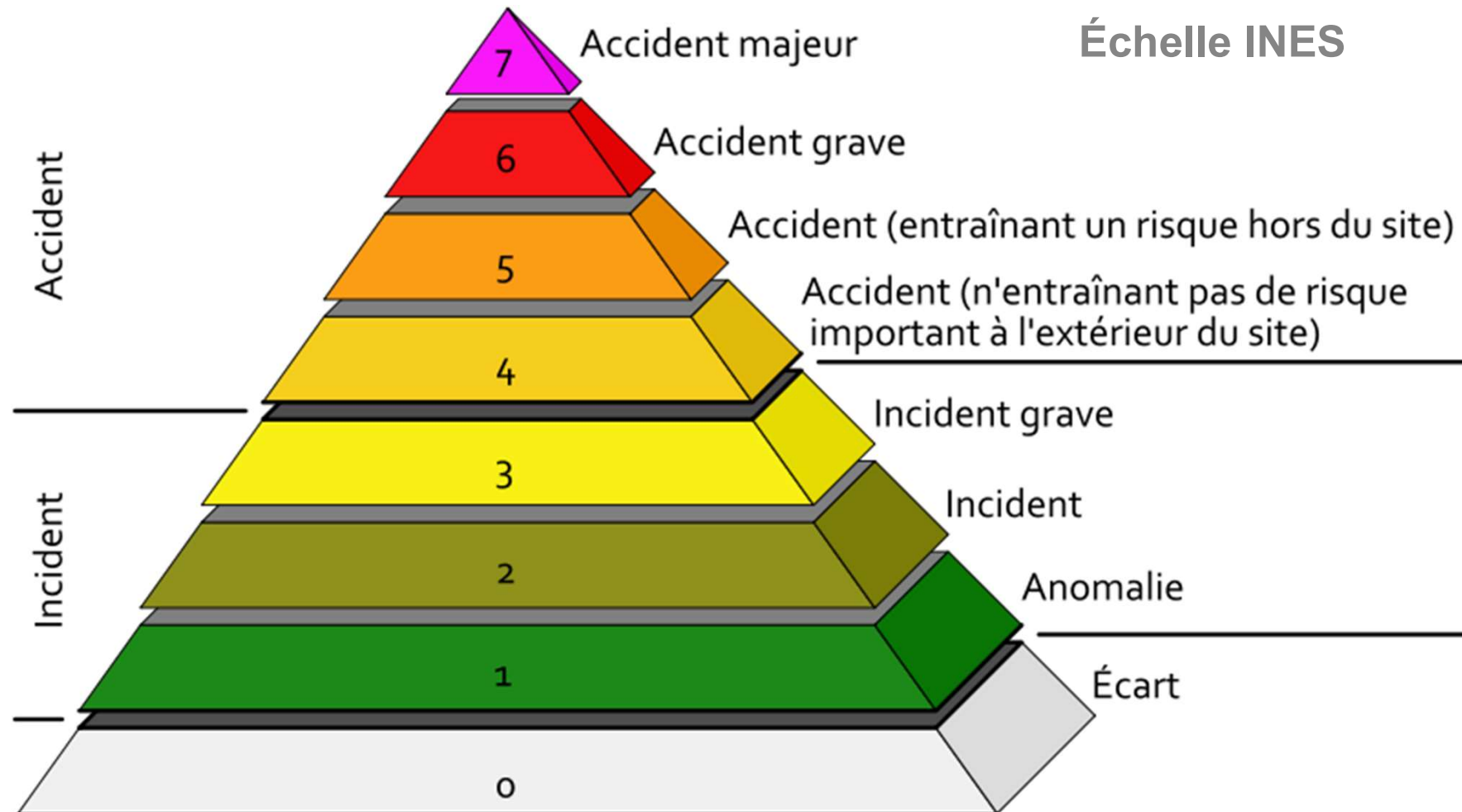
Un autre point de vue possible (ii)

...

Cependant on pourrait se permettre d'être plus exigeants car la tolérance au risque baisse ce qu'a démontré l'accident de Tchernobyl. Par ailleurs, si on se place à l'échelle du pays peut-on accepter que la fréquence d'accident très grave sur un réacteur soit de $1/50 \text{ an}^{-1}$ sachant qu'il y a environ 50 réacteurs en activité en France. Cela reviendrait à accepter un Tchernobyl par an... clairement non et on propose une autre façon de coter, à partir de la sinistralité globale des réacteurs nucléaires dans le monde (« retour d'expérience »).

C'est le point de vue de « l'ordonnateur » c'est de l'Etat et des grands groupes, qu'il faut alors considérer. Ces organismes très au courant de l'organisation des centrales électronucléaires a identifié une typologie précise, une gradation des événements qui peuvent se produire : c'est l'échelle INES. Et ils tiennent une comptabilité précise de ce qui se passe en France et dans le monde.

Typologie des accidents nucléaires



APPLICATION DE L'ÉCHELLE INES

CONSÉQUENCES À L'EXTÉRIEUR DU SITE

CONSÉQUENCES À L'INTÉRIEUR DU SITE

DÉGRADATION DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR

7 ACCIDENT MAJEUR	Rejet majeur : effets considérables sur la santé et l'environnement		
6 ACCIDENT GRAVE	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 ACCIDENT	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur / des barrières radiologiques	
4 ACCIDENT	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques / exposition mortelle d'un travailleur	
3 INCIDENT GRAVE	Très faible rejet : exposition du public représentant au moins un pourcentage des limites fixé par le guide AIEA*	Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu / perte des barrières
2 INCIDENT		Contamination importante / surexposition d'un travailleur	Incident assorti de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 ANOMALIE			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 ÉCART		Aucune importance du point de vue de la sûreté	

Quelques données

Niveaux	Dans le monde	En France
7	2 (4 voir 5)	0
6	1	0
5	4	0
4	8	Dont 2
3	8	Dont 5
2		Qq cas par an
1		Une centaine de cas par an
0		Un millier de cas par an

A fin 2019, le **monde** compte 443 **réacteurs nucléaires** en fonctionnement, répartis dans 30 pays. **58** réacteurs en France. Durée d'exploitation de 50 ans.

Exploitation :

Le classement des éléments de gravité en items « mineur », « significatif » est assez évident. Le fait de classer toute anomalie dans un niveau de risque « mineur » permet de maintenir une surveillance de la base de la pyramide de Heinrich (incidents). Une accumulation d'incidents devant inciter à la prudence.

Pour la cotation des fréquences :

- Il y a eu 7 à 10 accidents de la catégorie « Très grave » soit une fréquence annuelle de $10/50/443 = 4.10^{-4}/\text{an}$ au plan mondial par réacteur. Rapporté au parc nucléaire français on obtient une fréquence nationale de $4.10^{-4} \times 58 = 0,026/\text{an}$ soit 1 fois tous les 40 ans. Comme il n'y a pas eu d'accident de cette catégorie en France on peut choisir une valeur plus basse par exemple la moyenne entre 0 et 0,026 soit 0,013/an ce qui donne une fréquence caractéristique de 1 fois par siècle pour la fréquence la plus basse (« extrêmement rare »)
- Pour la catégorie « grave », il y a deux 8 accidents au plan mondial dont 2 en France, ce qui donne comme fréquences annuelles nationales $8/50/443 \times 58 = 0,021/\text{an}$ et $2/50 = 0,04/\text{an}$. On peut retenir comme valeur cible de la fréquence « très rare » la plus petite de ces fréquences soit 1 fois tous les 50 ans.
- Dans la catégorie « significatif », il y a plus de 8 accidents au plan mondial (les catégories 0 à 3 ne sont pas documentés) dont 5+5 (5 pour « quelques cas ») en France, ce qui donne comme fréquences annuelles nationales au minimum $8/50/443 \times 58 = 0,021/\text{an}$ et au plus $8/50 = 0,16/\text{an}$. Soit une temporalité de ces accidents comprise entre 5 et 50 ans mais probablement plus proche de la première. On pourra alors choisir pour la fréquence « rare », 1 fois tous les 10 ans.
- Enfin dans la catégorie « mineur », on recense une centaine de cas préoccupants (type 1 anomalie) qu'il faut surveiller soit une fréquence de plusieurs par mois. Ce qui constituera le niveau de fréquence « Fréquent ».

Mais les accidents nucléaires très graves ne sont pas acceptés du tout par le public, ce qui nécessite de reconsidérer le cas de la matrice diagonale. La colonne « Très grave » serait entièrement rouge (objectif du cahier des charges des EPR). Dans la colonne « mineur », la case « Fréquent » serait jaune. Les accidents de type « grave » seraient tolérés « à la rigueur » (pas de case vertes) car il n'y a guère d'effets externes mais comme l'impact risque d'être important (perte probable d'un réacteur, morts et blessures graves du personnel), cela ne le serait que dans la mesure d'une grande rareté au maximum 1 fois pendant la durée de vie du parc nucléaire (50 ans)

On raisonne à l'échelle du pays pour les 58 réacteurs

Niveau	Définition	Exemple
1 - Mineur	0 & 1	Domaine de la surveillance
2 - Significatif	2 & 3	Se passe assez régulièrement
3 - Grave	4	Three Miles Island
4 - Très grave	5, 6 & 7	Typiquement Tchernobyl...

Niveau	Exemple
1 – Peu Fréquent / Fréquent	1 fois par mois
2 - Rare	1 fois tous les 10 ans
3 – Très rare	1 fois tous les 50 ans
4 – Extrêmement rare	Moins d'une fois par siècle

Gravité \ Probabilité	Mineure	Significative	Grave	Très grave
Fréquent ou Peu fréquent	C2	C3	C3	C3
Rare	C1	C2	C3	C3
Très rare	C1	C1	C2	C3
Extrêmement rare	C1	C1	C2	C3

C1 : acceptable en l'état => aucune action nécessaire

C2 : acceptable sous contrôle

C3 : inacceptable => empêcher les scénarios