

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE

UTC

Maitrise des Risques

TD 13 : révisions-précisions

UV TS01

Resp : christophe.proust@utc.fr

donnons un sens à l'innovation



Les Risques...

Vos questions résiduelles

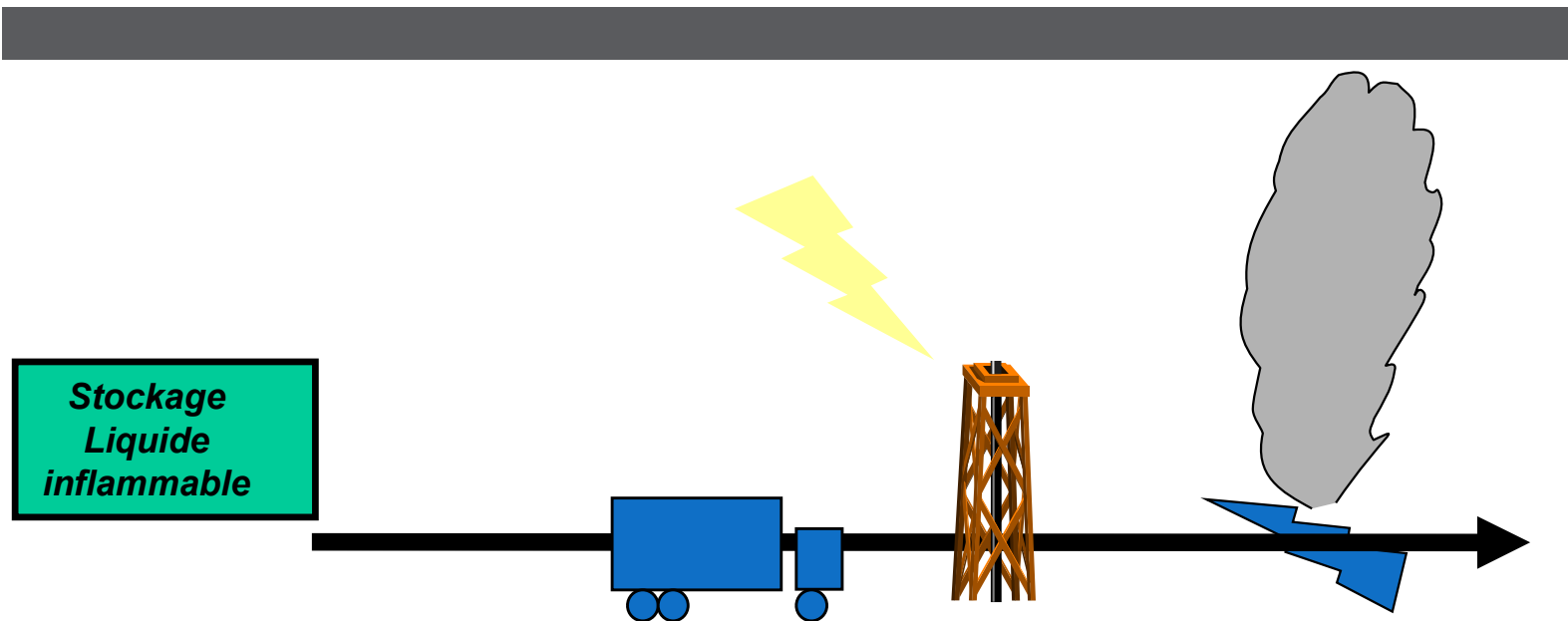
APR le livreur

Une démarche progressive

Pour faire une APR, on peut procéder comme suit :

1. Repérer les dangers de la situation
2. Choisir ou établir une grille de criticité. Dans cette seconde situation, on peut :
 - Lister des éléments de gravité (personnes, leurs biens, l'environnement)
 - Définir les niveaux de gravité sur la base de ces éléments (on commence par « très grave »)
 - Définir les fréquences associées sur la base du REX et du fonctionnement de l'entité considérée. On commence en général par coter « extrêmement rare » qu'on va associer plus ou moins à « Très grave ».
3. Identifier les accidents possibles en étant relativement précis de façon à pouvoir associer des causes précises et mesurables (si on identifie un risque d'explosion sur l'installation, les modalités de l'explosion sont certainement différentes sur un mélangeur à Patm ou un réacteur sous forte pression)
4. Pour chaque accident, rechercher les causes, voire les causes des causes, les coter en fréquence et les associer pour donner la fréquence de l'accident (avec une logique « ou » on retient la plus grande des probabilités, avec une logique « et » on retient la plus grande des probabilités). La gravité peut être extraite du REX mais en général, plus l'énergie mise en jeu est grande plus les effets sont importants, et la gravité est plus grande à faible distance du lieu de l'accident

....



Deux fois par mois, un livreur conduisant un camion citerne vient remplir la cuve de solvant inflammable située près de la clôture en limite de site. C'est une stockage « atmosphérique ». Le chauffeur emprunte pour cela une route qui longe la canalisation de soutirage. Cette canalisation, à l'air libre, longue de quelques dizaines de mètres, est munie d'une dizaine de brides et de 1 à 2 vannes.

Le réservoir est muni de deux tuyaux : un connecté au « ciel » gazeux l'autre dans la phase liquide. Chacun est aussi équipé d'une vanne. Le camion est équipé de la même manière avec en plus une pompe de gavage. Pour remplir le stockage, il faut relier les ciels gazeux et les phases liquides au moyen de tuyaux flexibles.

Repérer les dangers

Il est dit que le produit est un « solvant inflammable » ce qui suggère les dangers suivants :

- Des explosions s'il se produit un mélange entre les vapeurs de solvant et l'air
- Des feux si le solvant est mis au contact de l'air
- Une pollution si le solvant est répandu sans s'enflammer

Éléments de gravité (effets sur les personnes, leurs biens , l'environnement)

Ils sont à rapprocher des dangers précédents :

1. Blessures légères chez les voisins
2. Dégâts légers chez les voisins
3. Blessures graves/décès chez les voisins
4. Dégâts graves chez les voisins (suraccident, pertes importantes)
5. Blessures graves/décès pour le personnel
6. Blessures légères pour le personnel
7. Dégradation de l'environnement (pollution)
8. Destruction des installations de l'entreprise
9. Arrêt prolongé de l'installation
10. Dommages réversibles aux installations

Niveau	Définition	Exemple
Mineur	7	Fuite non enflammée (donc petite)
Significatif	5+10	Explosion, incendie localisé de faible intensité
Grave	1+2+5+9	Explosion, incendie localisé puissant
Très grave	3+4+8	Explosion, incendie généralisée

Niveau	Exemple
Peu Fréquent / Fréquent	+sieurs fois par an
Rare	+sieurs fois par décennie
Très rare	+sieurs fois par siècle
Extrêmement rare	+sieurs fois par millénaire



Quelques commentaires

Dans le tableau de la gravité, on ne met dans colonne « définition » que les éléments de gravité qui caractérise chaque niveau par rapport aux autres. Par exemple dans « très grave », tout est détruit dans un gigantesque incendie avec des destructions et des victimes chez les voisins. Mais il est évident qu'à de degré de gravité, il y aura aussi des victimes et de destructions dans l'entreprise qui est localisée plus près. Mais l'intensité des conséquences est marquée par le fait qu'il y a de forts impacts dans le voisinage. La colonne « exemple » matérialise la gravité et permettra d'associer chaque scénario de l'APR à un niveau de gravité.

Le niveau de fréquence « extrêmement rare » est à associer à « très grave ». Pour le type d'accident catastrophique associé, le REX donne une fréquence en France de 1/350 ans soit quelques fois par millénaire. On peut choisir cet ordre de grandeur comme « tolérable » (criticité C2) pour « Très grave »/ »Extrêmement rare ». Le niveau de fréquence « Fréquent » est à associer à « mineur ». Le type de fuite considéré est une fuite sur une jonction mal serrée par exemple. Or le livreur réalise des dizaines de connections par an. On peut supposer que quelques fuites limitées par ans sont inévitables soit « Mineur »/ « fréquent » en criticité C2. Les deux autres couples de criticité C2 sont alors « significatif »/ »rare » avec « rare » considéré comme plusieurs fois par décennie et « grave »/ »très rare » avec « très rare » considéré comme plusieurs fois par siècle.

	Mineur	Significatif	Grave	Très grave
Fréquent	C ₂	C ₃	C ₃	C ₃
rare	C ₁	C ₂	C ₃	C ₃
Très rare	C ₁	C ₁	C ₂	C ₃
Extrêmement rare	C ₁	C ₁	C ₁	C ₂

Identification des accidents

Le penchant naturel serait de retenir comme accidents des événements assez génériques comme explosion, incendie, fuite non enflammée. On pourrait en effet procéder de la sorte mais on ne pourrait pas aisément différencier les « petits feux » des incendies catastrophiques qui apparaissent dans le tableau décrivant la gravité.

Dans ce cas précis, il est proposé de « décaler le pivot » de l'étude et de s'intéresser à ce qui est la cause de tous ces types d'accident. Il suffit en effet qu'une fuite se produise pour qu'une flaque se forme, qu'elle se vaporise et forme par diffusion naturelle un mélange vapeur-air inflammable. Tout cela est inéluctable et ne dépend pas de causes externes supplémentaires. En revanche pour que ce nuage s'enflamme, il faut une source d'inflammation. Il existe de très nombreuses sources d'inflammation sur un site industriel, il suffit en fait que le nuage soit assez vaste (plusieurs mètres) pour qu'il atteigne une de ces sources, s'enflamme, explose puis finisse en feu de flaque, près du point de fuite. C'est ce qui s'est passé lors de l'accident de Feyzin.

On peut donc considérer que si le débit de la fuite est suffisant, la probabilité de l'explosion et de l'incendie sont identiques à celle de l'apparition de la fuite. Si le débit est faible, on pourra admettre que le liquide ne s'enflammera pas (pollution alors).

Identification des accidents

Ils doivent être suffisamment précis pour être décrit par une suite d'événements clairs c'est-à-dire « quantifiables » et reliés entre eux par des relations de causalité (« OU », « ET »). On s'intéresse donc aux fuites :

1. Petite fuite qui ne s'enflamme pas (petite section)
2. Épandage massif autour du stockage
3. Rupture de canalisation (fuite massive)
4. Fuites sur les organes (vannes, pompes)

Réalisez l'APR

Dans ce cas, on peut mieux raisonner par phase en séparant les étapes de remplissage du stockage et d'exploitation au long cours de l'installation.

Phase ou sous phase	Phénomène dangereux	Causes	Conséquences	Risque potentiel P G C	Barrières existantes	Risque résiduel P G C	Remarques
Livraison	Épandage massif autour du stockage	- Erreur de branchement - Surremplissage - Erreur de procédure - Rupture de flexible	Explosion puis feu généralisé	R TG C ₃	Surveillance /système d'extinction local	TR G 2	À améliorer
	Rupture de canalisation	Perte de contrôle du camion (acc grave)	Feu et explosion locales massives mais feu du camion possible avec aggravation	ER TG C ₂	Prévoir des glissières de sécurité		Pour éviter que la probabilité ne monte (par exemple augmentation des rotations
Exploitation	Rupture sous choc	Chute du pylône (tempête millénaire, corrosion)	Feu et explosion locales massives	ER G C ₁			
	Petite fuite non enflammée	10⁻⁴/an/10m donc 1/1000	Pollution	M ER C ₁			
	Fuites sur organes	- Surpression - Usure - Procédure d'isolement mal appliquée - desserrage	Mais feu limité, dommages aux organes	S R C ₂			Maintenance préventive

Barrières de sécurité

AMDEC, NC

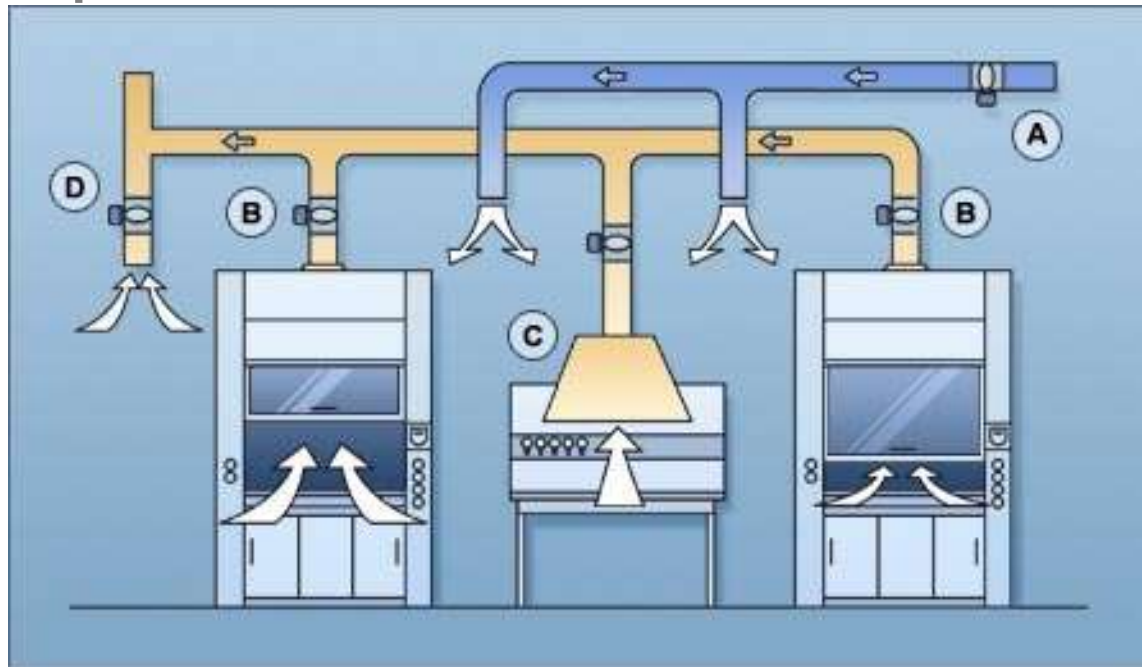
Objectifs

Une potentialité intéressante de l'AMDEC est d'apporter un moyen de quantification de la sûreté de fonctionnement d'un élément d'une barrière de sécurité. On sait par exemple que le Niveau de Confiance, NC, d'une barrière technique de sécurité dépend du « taux de défaillances sûres » ou SFF de la barrière. Lorsque ce taux de défaillance est trop bas et que le niveau de confiance résultant est trop faible, on dispose de 2 possibilités pour améliorer le NC. Soit on augmente la fiabilité de la barrière en augmentant le SFF, ce qui revient à contrôler les défaillances de manière automatique, soit on double le système en pratiquant une ou 2 redondances.

On illustre la manière de quantifier le niveau de confiance d'une barrière dans l'exemple suivant et la manière d'augmenter le niveau de confiance. .

L'aspiration est faite par un ventilateur qui aspire l'air par le haut.

L'opérateur peut selon les opérations en cours, monter ou baisser un panneau coulissant en verre. **Le ventilateur marche normalement à vitesse constante, la régulation de débit d'aspiration dans chaque hotte est faite par une vanne B.**



Il y a un contacteur qui détecte la position du panneau coulissant. Lorsqu'il est en position basse le débit d'aspiration dans la hotte est de $Q/2$. Lorsque le panneau est levé le débit est Q . Ces débits sont obtenus si seulement deux hottes sont utilisées simultanément.



Si une troisième hotte est utilisée (pour une paillasse sur laquelle on dispose les produits avant de les transférer dans des contenants adaptés dans les hottes adjacentes), il faut mettre le ventilateur en mode aspiration forte pour garantir les débits désirés dans chaque hotte.

Faire l'AMDEC du ventilateur

La procédure est la suivante :

1. Identifier les taux de défaillances pertinents
2. Identifier les phases/états de fonctionnement
3. Faire l'AMDEC

Rappels : modes de défaillance (TD AMDEC)

Termes génériques

- Perte de fonction
- Fonctionnement intempestif
- Refus de s'arrêter
- Refus de démarrer
- Fonctionnement dégradé
- Autre

Significations pour un extracteur

- Arrêt intempestif
- Démarrage intempestif
- Refus de s'arrêter
- Refus de démarrer
- Débit non nominal
- Débit inversé
- Débit non stabilisé
- Vibration
- Échauffement

Modèle de tableau d'AMDEC

Identification n du composant	Fonction État	Mode de défaillance	Causes	Effets	Moyens de détection	Actions correctives	Remarques

*Les « moyens de détection » et les « réactions correctives » sont celles déjà en place.
Les suggestions/améliorations/questions sont à mettre dans la colonne « remarques »*

Commentaires

D'abord les modes de défaillance pertinents. Le ventilateur doit être capable de démarrer, il peut subir un arrêt intempestif, il peut fonctionner de manière dégradée. On pourrait ajouter d'autres défaillances comme les vibrations et l'échauffement mais on ne s'intéresse pas à l'aspect fonctionnel aux sources d'inflammation de l'appareil donc on ignorera ces modes de défaillance. Le refus de s'arrêter n'est pas non plus un mode de défaillance pertinent dans le cas présent où il importe d'abord que le ventilateur fonctionne c'est à dire pour les phases dangereuses. Si on décide d'arrêter le ventilateur c'est qu'il n'y a plus de situation dangereuse, donc pas de nécessité d'AMDEC.

Puis les phases de fonctionnement. Il faut se mettre en situation. Lors de la prise de poste, la première chose que l'on fait est de mettre les hottes en position d'aspiration. C'est le premier état du ventilateur : aspirer. Puis, une fois en fonctionnement, le ventilateur peut être fonctionner soit en mode normal soit en mode renforcé ce qui constitue 2 états supplémentaires. On pourrait aussi en imaginer un 4^e qui serait la mise à l'arrêt du ventilateur. Cependant dans cette dernière situation on imagine facilement qu'il n'y a plus de liquide inflammable et donc la situation de risque n'est pas présente. On rappelle que la finalité de l'AMDEC est d'identifier les taux de défaillance critiques c'est-à-dire dans une situation dangereuse.

Identification du composant	Fonction État	Mode de défaillance	Causes	Effets	Moyens de détection	Actions correctives	Remarques
Ventilateur	Mise en aspiration du circuit	Refus de démarrer	Panne mécanique ou électrique	Absence d'aspiration <i>risque potentiel</i>	Opérateur?	?	mettre un détecteur de fonctionnement ou de débit + alarme sonore puissante
	Fonctionnement normal	Arrêt intempestif	Idem	Idem + intoxication opérateur	??	??	Détecteur débit + alarme + procédure de mise en sécurité
		Fonctionnement dégradé • instable • débit insuffisant	Idem	Aspiration insuffisante + intoxication opérateur	??	??	Idem
		Aspiration renforcée intempestive	Défaut de commande ou erreur humaine	Aspiration excessive endommagement du matériel	Vibrations ?	??	Seuil haut sur le débitmètre?
	Fonctionnement renforcé	Refus de démarrer	Idem ou défaut mécanique ou électrique	Aspiration insuffisante + intoxication opérateur			Seuil sur débitmètre couplé aux positions vitrage + alarme
		Refus d'arrêter aspiration renforcée	Défaut de commande ou erreur humaine	Aspiration excessive endommagement du matériel			Seuil haut sur le débitmètre?

Commentaires

Dans cette version de l'AMDEC, on s'intéresse surtout au taux de défaillance sûr et aux moyens plutôt techniques qui permettent de les détecter. On pourrait la complexifier en ajoutant des éléments de procédure et convertir ainsi cette barrière technique en barrière humaine. Mais ce n'est pas le propos ici.

Commençons par la mise en aspiration. Si le ventilateur refuse de démarrer, il n'y a a priori pas encore de risque car on n'a pas commencé à utiliser les produits toxiques. Mais il importe que cet événement puisse être détecté. On peut envisager une détection de fonctionnement du ventilateur associé à une alarme sonore puissante de manière que l'opérateur ne puisse pas utiliser les paillasse et hotte avant remise en marche du ventilateur.

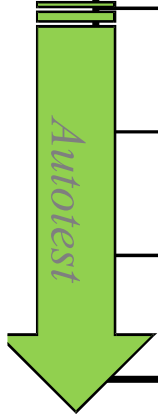
Pour les 2 autres modes de fonctionnement, le risque est que le débit ne soit pas suffisant soit en raison d'un refus de démarrer pour le mode renforcé soit en raison d'un fonctionnement dégradé pour les 2 modes. Dans les 2 cas la solution technique consisterait à contrôler le débit d'aspiration par exemple avec une sonde déprimogène associée à la même alarme sonore.

Performance d'une BTS : type A

Passives = NC = 2 voire 3 si dimensionnement et contrôle précis

Actives 

Taux de défaillances sûres (SFF)	Tolérance aux anomalies matérielles		
	0	1	2
< 60 %	NC 1	NC 2	NC 3
60 % < - < 90 %	NC 2	NC 3	NC 4
90 % < - < 99%	NC 3	NC 4	NC 4
≥ 99 %	NC 3	NC 4	NC 4



Commentaires

On dispose désormais de toutes les pièces pour estimer le niveau de confiance du ventilateur. On remarquera qu'il faudrait associer la canalisation, les vannes et les contacteurs des hottes pour qualifier le niveau de confiance de toute la barrière de sécurité que constituent les hottes et leur système d'aspiration. Mais on pourrait faire de la même manière.

En principe le dispositif peut être entièrement électromécanique c'est-à-dire sans microprocesseur et sans automate. La barrière technique de sécurité constituée par le ventilateur est alors un système actif de type A.

Il n'y a qu'un seul ventilateur, il n'est pas doublé c'est-à-dire qu'il n'y a pas de redondance. On lira alors le niveau de confiance dans la seconde colonne du tableau, celle libellée « 0 ».

Pour choisir la ligne, il faut calculer le taux de défaillances sûres à partir de notre tableau AMDEC. Dans notre tableau apparaissent 6 modes de défaillance dont 3 voire 4 conduisent à une intoxication potentielle de l'opérateur. Il en reste 2 ou 3 maximum qui sont des défaillances sûres c'est-à-dire que le débit de ventilation est suffisant ou trop fort. Le taux de défaillances sûres est donc au maximum de 3 sur 6 soit 50%. Le taux de défaillance sûr est donc plus petit que 60% si bien que le niveau de confiance est a priori de 1 pour le ventilateur.

Commentaires

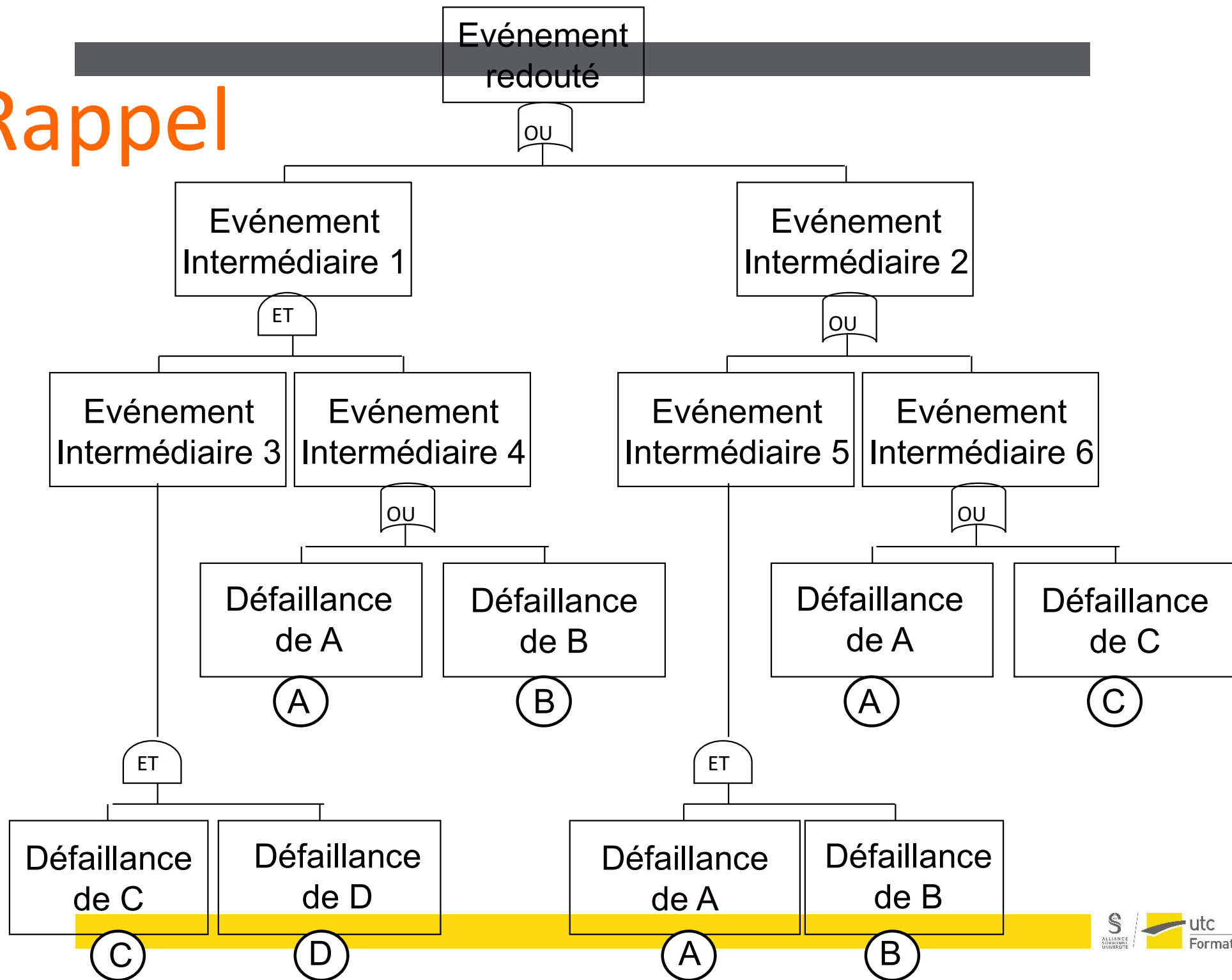
Pour augmenter la fiabilité du ventilateur ou plus exactement réduire le risque dû aux défaillances critique on pourrait envisager l'usage d'une sonde déprimogène avec alarme sonore suffisamment puissante pour que l'opérateur soit obligé de s'éloigner et qu'il ne puisse pas se rapprocher tant que la panne n'est pas réparée. Potentiellement le taux de défaillance sur du ventilateur seul atteindrait ainsi 100%. En pratique cependant ce niveau de sécurité dépend alors entièrement non plus du ventilateur mais de la sonde et ça ne sera pas 100%.

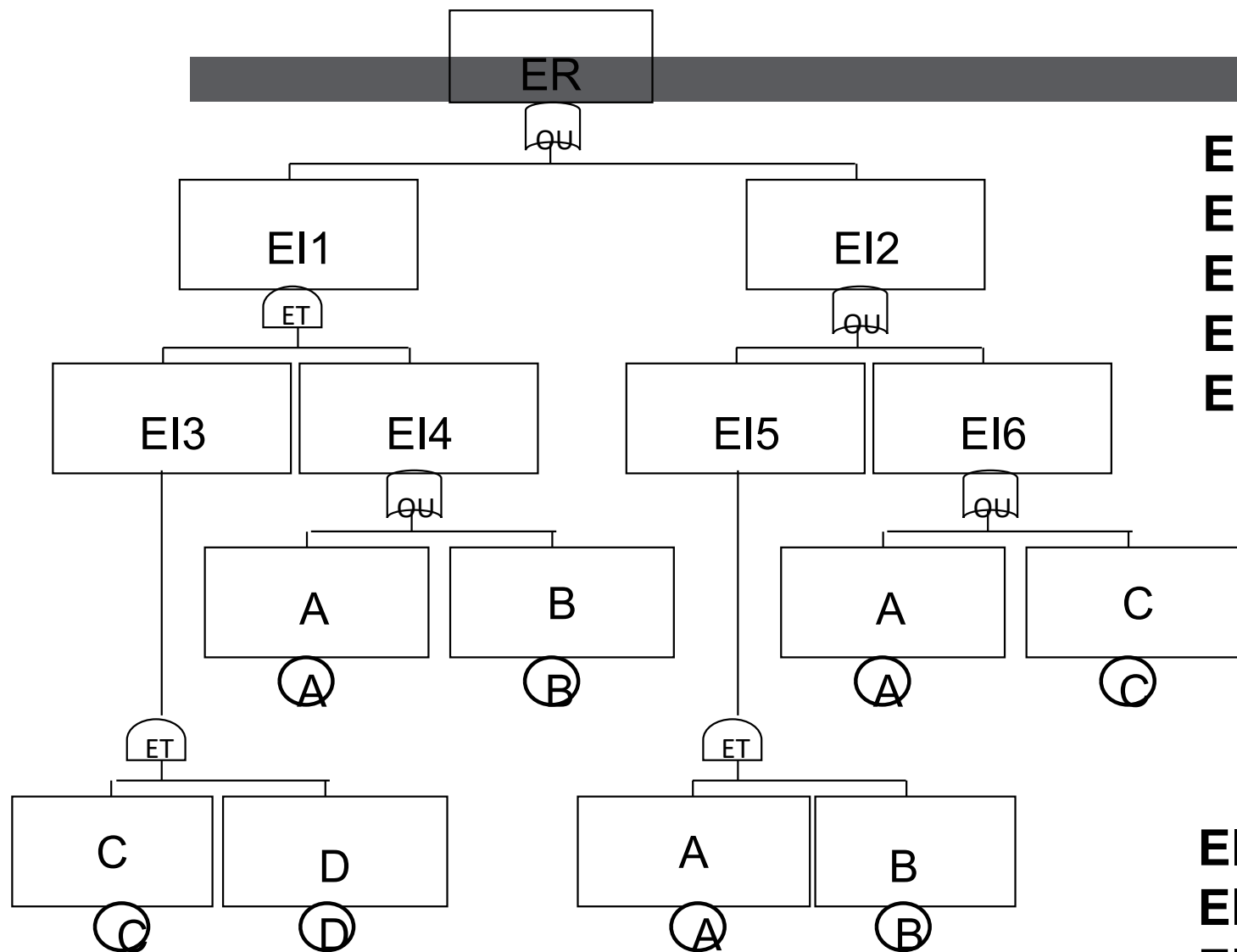
Une autre solution serait d'apporter une redondance. Cela consisterait à mettre un 2nd ventilateur en parallèle du premier et qui démarrerait en cas de défaillance du premier A l'instar de l'exercice que nous avons fait sur le silane.

Dans la suite de l'exercice, on s'intéresse de manière plus large à l'interaction de l'opérateur avec le système d'extraction. En utilisant d'une part l'analyse que l'on vient de faire sur le matériel et d'autre part l'analyse du poste de travail, on peut constituer un arbre de défaillance et calculer de manière globale l'exposition de l'opérateur au risque toxique.

Arbres des défaillances

Rappel





$$ER = EI\ 1 + EI\ 2$$

$$EI\ 1 = EI\ 3 . EI\ 4$$

$$EI\ 3 = C.D$$

$$EI\ 4 = A + B$$

$$EI\ 1 = C.D.(A+B) \\ = A.C.D + B.C.D$$

$$EI\ 2 = EI\ 5 + EI\ 6$$

$$EI\ 5 = A.B$$

$$EI\ 6 = A + C$$

$$EI\ 2 = A.B + A + C$$

$$ER = A.C.D + B.C.D + A.B + A + C$$

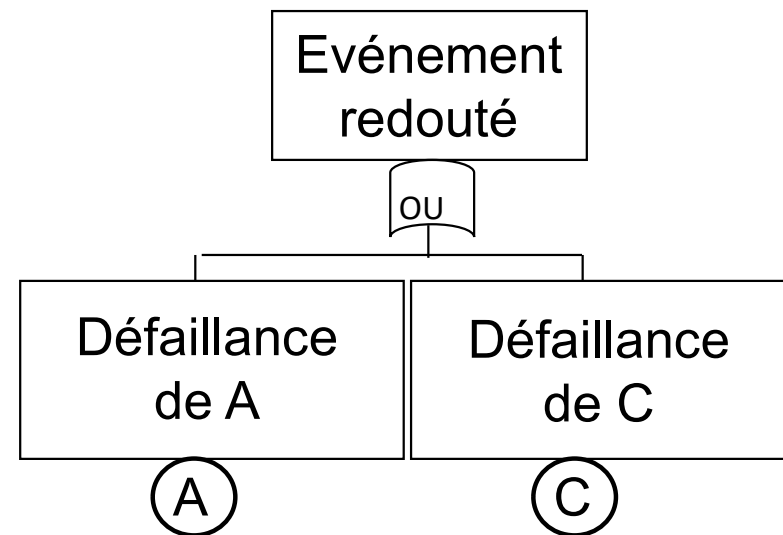
$$ER = A.C.D + B.C.D + A.B + A + C$$

$$ER = A.C.D + B.C.D + A.B + A + C$$

$$ER = B.C.D + A + C$$

$$ER = B.C.D + A + C$$

$$ER = A + C$$



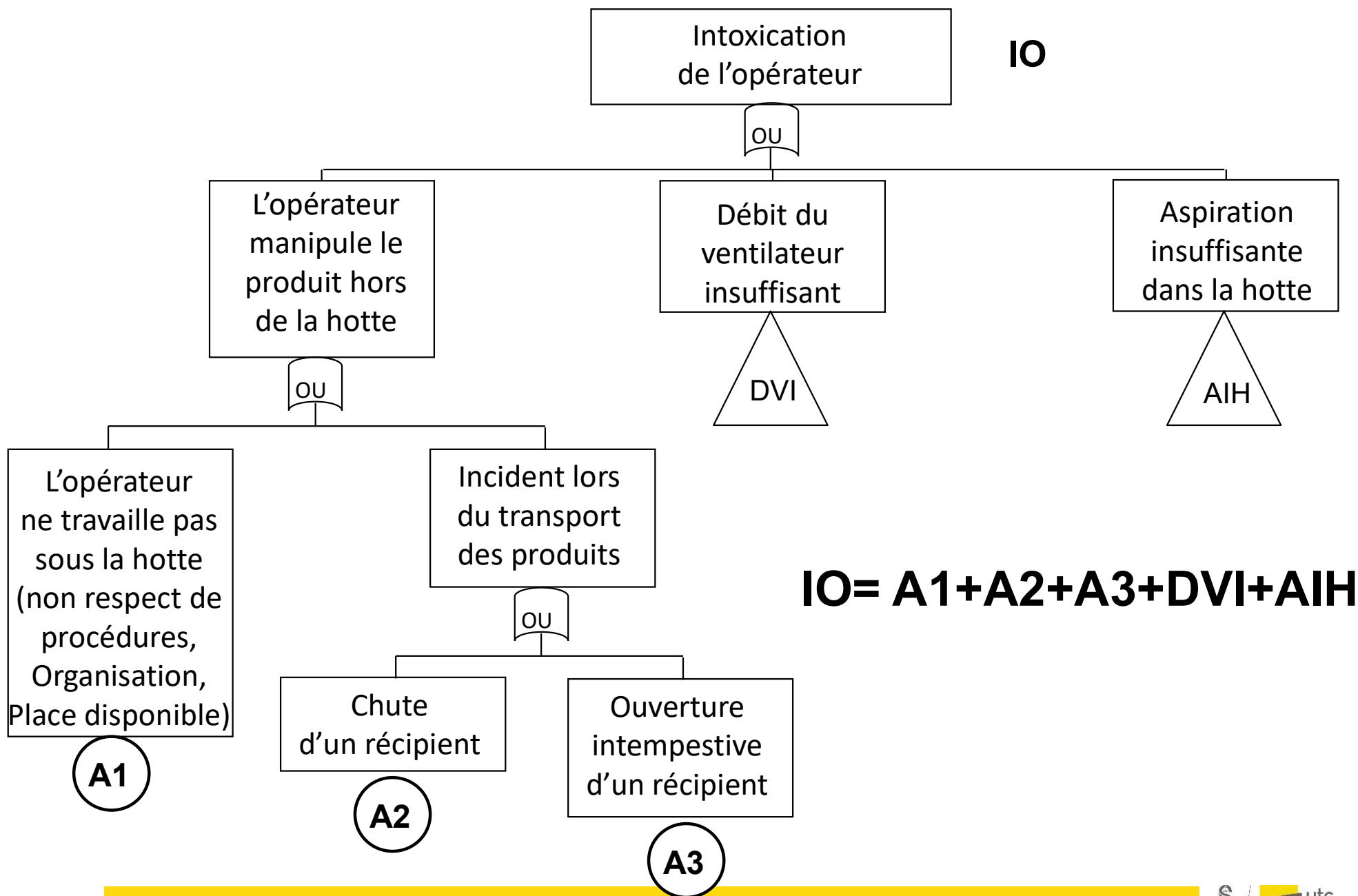
Construction de l'arbre :

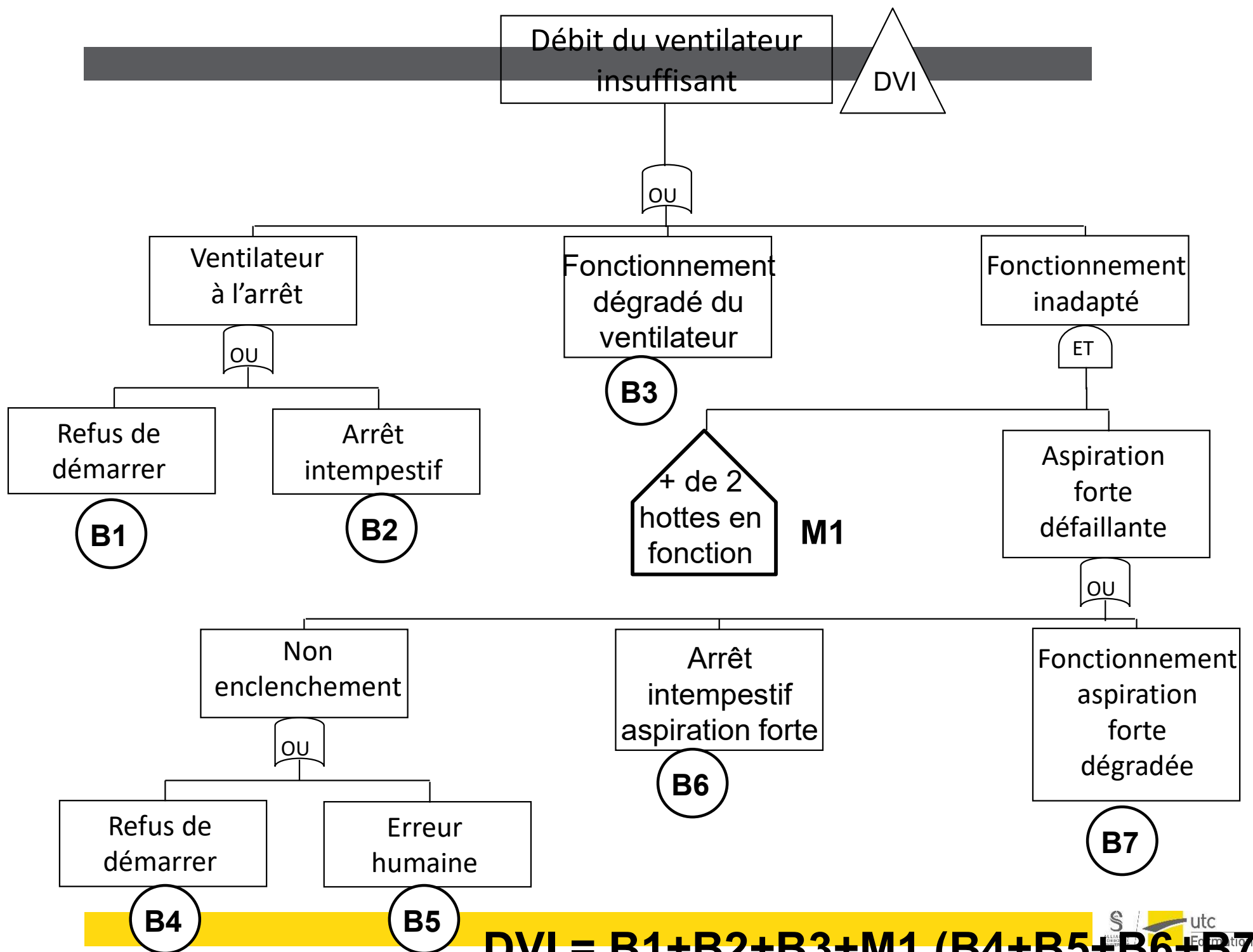
Étudiez l'événement redouté :

« intoxication de l'opérateur »

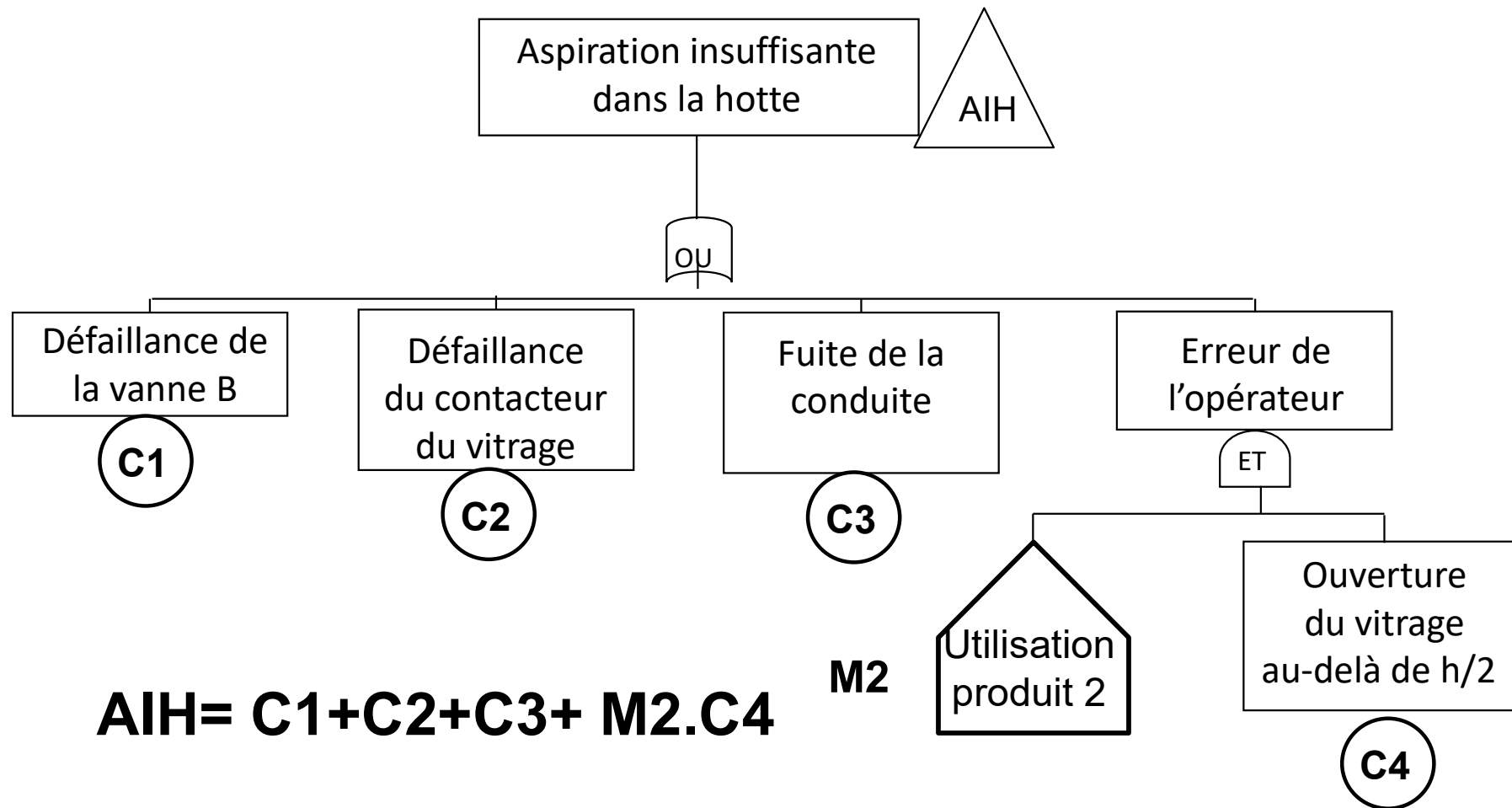
Réduire l'arbre ?

Conclusions





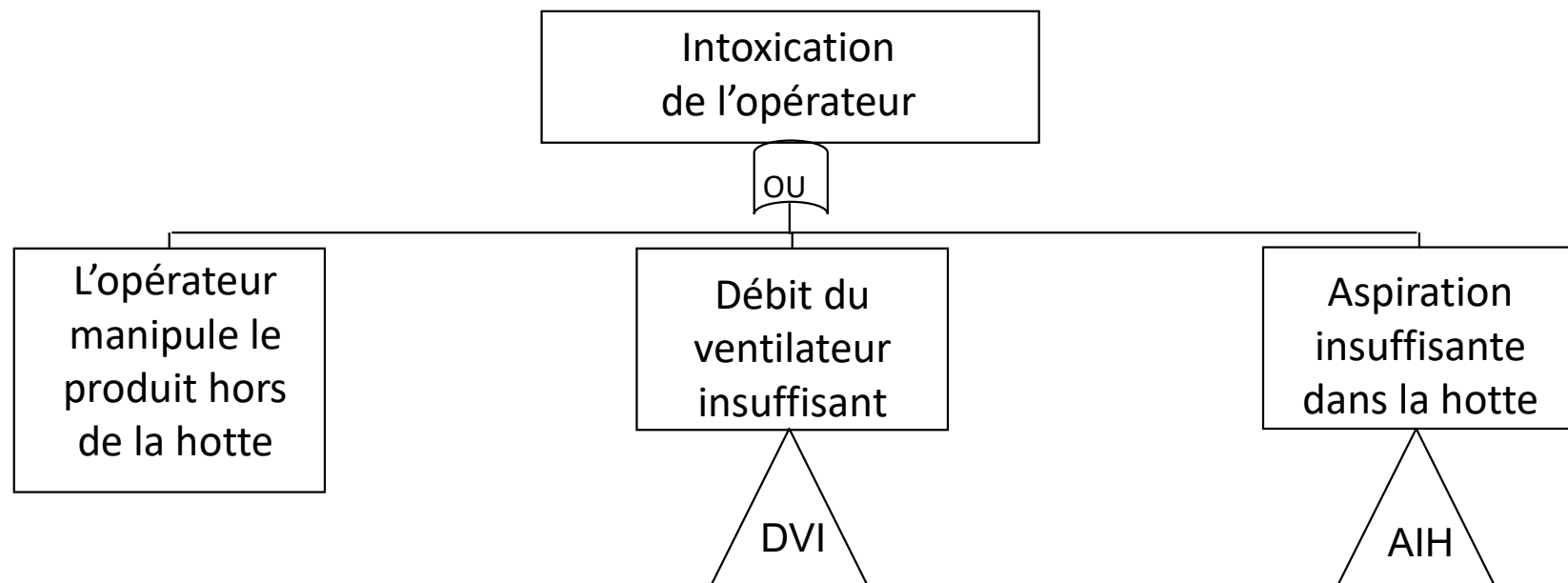
$$DVI = B1 + B2 + B3 + M1 \cdot (B4 + B5 + B6 + B7)$$



$$IO = A1 + A2 + A3 + DVI + AIH$$

$$DVI = B1 + B2 + B3 + M1.(B4 + B5 + B6 + B7)$$

$$AIH = C1 + C2 + C3 + M2.C4$$



Procédures

Détecteur de toxicité

Débitmètre avec alarme au niveau

- ventilateur

- hottes

**Chaque recommandation
augmente l'ordre des coupes**

