

**POST-PROCESSEUR DE SLAMS PERMETTANT LA CONSIDÉRATION DE  
DIFFÉRENTES PROTECTIONS ACTIVES SUR LA VULNÉRABILITÉ D'UN VÉHICULE.**

PRÉPARÉ POUR

DEFENCE R&D CANADA – VALCARTIER  
R&D POUR LA DÉFENSE CANADA - VALCARTIER  
QUÉBEC, QC G3J-1X5 CANADA  
Contract No. : W7701-0-24237/001/QCA PO 41888  
Guy Bergeron, Autorité scientifique  
Tel : 418-844-4000 ext. 4443

par

M. Jutras



NUMERICA TECHNOLOGIES INC.  
3420, rue Lacoste  
Québec, QC G2E-4P8 Canada

Mai / May 2006



## TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES .....	i
LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
NOMMENCLATURE .....	v
SOMMAIRE EXÉCUTIF.....	vi
1.0 INTRODUCTION.....	1
2.0 Post-Processeur <i>SLAMS</i> .....	2
2.1 Fichier d'entrées.....	2
2.2 Format des fichiers provenant de <i>SLAMS</i> pouvant être traités.....	4
2.3 Hypothèses et Simplifications considérées pour la conception de ce Post-Processeur de <i>SLAMS</i> .....	5
2.4 Principe de base du Post-Processeur .....	7
2.5 Détermination de la cellule frappée .....	8
3.0 Étude de Vulnérabilité du LAV III.....	9
3.1 Types de protection active simulés .....	9
3.2 Cas d'interception observés .....	11
3.3 Modélisation du point de vue de <i>SLAMS</i> des différentes dégradations de menace .....	14
3.4 Description des deux configurations du véhicule .....	15
4.0 Présentation des résultats.....	16
5.0 Analyse des résultats.....	18
5.1 Charge Creuse de 85mm de diamètre versus Grenade à Fragments .....	18
5.2 Fléchette (« long rod »)de 53cm de long versus effet de souffle (« blast » dans <i>SLAMS</i> ) .....	18
5.3 Fléchette de calibre 30 mm versus Plaque Lancée.....	18
5.4 Fléchette de 53cm de long versus Plaque Lancée.....	18
6.0 Conclusion.....	19
ANNEXE A.....	20
Fichier d'entrées d'une étude de vulnérabilité d'un véhicule quelconque munit d'un système de protection active de type Plaque Lancée.....	20
ANNEXE B.....	23
Graphiques comparatifs de vulnérabilité des systèmes du véhicule face à une certaine menace, selon la protection active utilisée.....	23
ANNEXE B.1 .....	24
Vulnérabilité face à une charge creuse de 85mm de diamètre d'un véhicule protégé ou non par add-on et/ou protection active par grenade à fragments. ....	24
ANNEXE B.2.....	24
Vulnérabilité face à une « Long Rod » de 53 cm de long d'un véhicule protégé ou non par AddOn et/ou Protection Active par « Blast.» .....	49
ANNEXE B.3 .....	54
Vulnérabilité face à une « Rod » de 30mm de long d'un véhicule protégé ou non par appliqué et/ou Protection Active par plaques lancées. ....	54

ANNEXE B.4.....	59
Vulnérabilité face à une «Long Rod » de 53cm de long d'un véhicule protégé ou non par Appliqué et/ou Protection Active par plaques lancées.....	59

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Tranches du véhicule et des plans d'interceptions de la protection active, et système de référence angulaire. ....	3
Figure 2 : Profil de l'avant du véhicule et des deux plans d'interception avant. ....	4
Figure 3 : Schéma d'une interception d'un projectile de type fléchette par une protection active de type plaque lancée. ....	7
Figure 4 : Illustration de l'interception d'un projectile par une protection active de type « blast » ou fragment. ....	9
Figure 6: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour le cas 1 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	28
Figure 8: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour le cas 2 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	32
Figure 9: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 3 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	34
Figure 10: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour le cas 3 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	36
Figure 11: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 4 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	38
Figure 12: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour le cas 4 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	40
Figure 13: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 5 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	42
Figure 14: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour le cas 5 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	44
Figure 15: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 6 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	46
Figure 16: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour le cas 6 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments. ....	48
ANNEXE B.2. ....	49
Figure 17: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour l'interception d'une fléchette de 53cm par un explosif à effet de souffle. ....	51
Figure 18: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour l'interception d'une fléchette de 53cm par un explosif à effet de souffle. ....	53
Figure 19: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour l'interception d'une fléchette de 53cm par une plaque lancée. ....	56
Figure 20: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour l'interception d'une fléchette de 53cm par par une plaque lancée. ....	58
Figure 21: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour l'interception d'une fléchette de calibre moyen (30mm) par une plaque lancée. ....	61
Figure 22: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémenta-tion, pour l'interception d'une fléchette de 53cm par une plaque lancée. ....	63

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Résumé des différentes configurations de protection active utilisée.....	10
Tableau 2: Résumé des cas d'interception liés à la protection active de type plaque lancée. ....	11
Tableau 3: Résumé du cas d'interception liés à la protection active de type blast.....	12
Tableau 4: Résumé des cas d'interception liés à la protection active de type fragment.....	13
Tableau 5: Résumé des scénarios <i>SLAMS</i> et « threats » associés qui utilise l'algorithme appelé <i>Long Rod</i> dans <i>SLAMS</i> . Les autres paramètres ont des valeurs par défaut en considérant les paramètres énumérés ici. ....	14
Tableau 6: Résumé des scénarios <i>SLAMS</i> et « threats » (ici ils portent le même nom) associés qui utilise l'algorithme appelé <i>Shaped-Charge type 2</i> dans <i>SLAMS</i> . Les autres paramètres sont les valeurs par défaut en considérant les paramètres énumérés ici. ....	15
Tableau 7: Résumé des scénarios <i>SLAMS</i> et « threats » associés qui utilise l'algorithme appelé <i>FSP</i> dans <i>SLAMS</i> . Les autres paramètres sont les valeurs par défaut en considérant les paramètres énumérés ici. ....	15

## NOMMENCLATURE

AnglDepart	Angle duquel l'étude <i>SLAMS</i> débute	°
AnglFinal	Angle auquel se termine l'étude <i>SLAMS</i>	°
AngleIncr	Angle entre chaque plan étudié par <i>SLAMS</i>	°
APIInfArr	Angle du plan d'interception inférieur arrière	°
APIInfAvant	Angle du plan d'interception inférieur avant	°
APIInfCote	Angle des plans d'interception inférieur de chaque côté	°
APISupArr	Angle du plan d'interception supérieur arrière	°
APISupAvant	Angle du plan d'interception supérieur avant	°
APISupCote	Angle des plans d'interception supérieur de chaque côté	°
DistCrit	Distance critique en deçà de laquelle l'effet de la protection active est annulé	mm
GlobalPKill	Vulnérabilité de l'engin étudié pour un cas d'interception donné sur tous les angles simulés	
HPNArr	Hauteur du plan neutre arrière	mm
HPNAvant	Hauteur du plan neutre avant	mm
HPNCote	Hauteur des plans neutres de chaque côté	mm
InputMat	Matrice des entrées du Post-Processeur indiquant la probabilité d'événement de chacun des scénarios d'interception ainsi que de ses caractéristiques (angle de déviation et menace résiduelle)	
NbDegrad	Nombre de dégradations de la menace étudiée pour une certaine protection active	
NbScenariaInt	Nombre de scénarios d'interception pour le cas étudié (protection active versus menace)	
OverallPKill	Vulnérabilité de l'engin étudié pour un cas d'interception donné	
PlanAvant	Plans d'interception avant	
PlanCote	Plans d'interception de chaque côté	
PlanArr	Plans d'interception arrière	
Ø	Diamètre	

mm

## SOMMAIRE EXÉCUTIF

L'objectif du contrat était de fournir un outil informatique capable de traiter des études de vulnérabilité rendues par *SLAMS* sous forme de fichier .txt. À partir des études de vulnérabilité de *SLAMS*, le post-processeur demandé devait être en mesure de déterminer la vulnérabilité d'un véhicule auquel on aurait ajouté un système de protection active. Ainsi, à l'aide des probabilités d'interception, et des dégradations de menaces engendrées, l'utilisateur de ce post-processeur doit pouvoir évaluer l'effet de la protection active ajoutée sur le véhicule étudié.

De plus, une série d'études de vulnérabilité a été effectuée pour l'autorité scientifique sur un véhicule blindé léger servant au transport de troupe. Le véhicule a été étudié pour deux configurations; avec et sans protection appliquée. Les menaces modélisées suivantes ont été simulées : la fléchette longue de 53cm, la fléchette de calibre moyen et la charge creuse de 85mm de diamètre. Les types de protection active suivants ont été opposés à la fléchette de 53cm : plaque lancée, explosif à effet de souffle.

L'effet de la protection par plaque lancée a également été modélisé contre la menace de type fléchette de calibre moyen. Finalement, la protection de type grenade à fragments a été modélisée face à la menace de type charge creuse de 85cm.



## 1.0 INTRODUCTION

Ce rapport décrit un post-processeur calculant la vulnérabilité du véhicule LAV III à partir des données de *SLAMS* en considérant l'effet d'une protection active. À partir de tests expérimentaux, différents cas d'interception pour un agresseur donné sont déterminés pour une protection active donnée. Le présent post-processeur nécessite donc : une étude de vulnérabilité sur *SLAMS* sans protection active ainsi qu'un fichier d'entrées où l'utilisateur décrit la configuration de la protection active ainsi que les différents cas de dégradation du projectile. L'étude de vulnérabilité faite à l'aide de *SLAMS* comprend un calcul de vulnérabilité de l'objet étudié face à toutes les dégradations de l'agresseur. Chaque dégradation de l'agresseur peut être reliée à un ou plusieurs cas d'interception.

Le présent rapport est scindé en deux parties. La première partie de ce rapport porte sur le post-processeur et contient :

- Une description du fichier d'entrée nécessaire au post-processeur
- Une description du type de fichier *SLAMS* pouvant être traité par le post-processeur
- Une liste des hypothèses simplificatrices considérées pour le calcul de vulnérabilité
- Une explication du principe suivi par le post-processeur pour considérer la déviation et la détérioration due à la protection active.

La deuxième partie porte sur une étude de vulnérabilité d'un LAV III munit ou non de protection passive « AddOn » et contient :

- Une liste et description du point de vue de *SLAMS* des différents agresseurs
- Une description des deux configurations du véhicule (avec et sans « AddOn »)
- Une description des différentes protections actives et leur configuration respective
- La présentation des résultats
- L'analyse des résultats

## 2.0 POST-PROCESSEUR *SLAMS*

### 2.1 Fichier d'entrées

Le fichier d'entrées est un fichier texte dans lequel l'utilisateur inscrit les données nécessaires aux différents calculs effectués par le post-processeur.

Le fichier consiste en une liste de mots clef suivis d'un nombre précis de valeurs ou de mots. Notons que les phrases précédées d'un point d'exclamation sont en fait des commentaires insérés pour décrire les entrées qui le suivent. Le fichier modèle mis en annexe A, décrit d'abord l'étude *SLAMS* utilisée, les cas d'interceptions étudiés par le post-processeur, la configuration de la protection active étudiée, les fichiers qui renferment les résultats de *SLAMS* et le fichier de sortie du post-processeur.

Pour décrire l'étude faite par *SLAMS*, on inscrit les angles auxquels l'étude de vulnérabilité est effectuée. On doit pour cela inscrire l'angle de départ de l'étude (AnglDepart -170), l'angle final (AnglFinal 180) ainsi que le pas ou angle d'incrémentation entre chaque plan d'attaque (AnglIncr 10).

Les cas d'interception étudiés sont ensuite décrits. Pour ce faire, les paramètres suivants sont nécessaires; le nombre de scénarios d'interception (NbScenarioInt 8), le nombre de dégradations (NbDegrad 3) et le nombre de systèmes étudiés (NbSyst 5). Un système est un groupe de pièces d'équipement et/ou de personnels prenant part à une même tâche par exemple; le système Mobilité d'un véhicule pourrait être composé du chauffeur, du moteur et des roues. Un scénario d'interception consiste en une dégradation précise déviée à un angle donné. Une dégradation donnée peut servir à plusieurs scénarios pour le post-processeur, mais une seule simulation *SLAMS* est nécessaire. La liste des scénarios d'interception est ensuite faite avec, dans l'ordre, la valeur de probabilité de réalisation de ce scénario, de la déviation en degrés et de la dégradation (ex. InputMat4 0.06 7.1 0.50). Notons que le chiffre qui suit le mot clef « InputMat » n'est pas nécessaire.

Pour décrire la configuration sur le véhicule de la protection active étudiée (voir Figures 1 et 2), les plans d'interception actif doivent être spécifiés par « Y » et les non-actifs par « N » (PlanAvant Y), puis l' angle auquel l'interception s'effectue pour chacun des plans d'interception (APIInfAvant -60). Il faut également écrire à quelle hauteur les plans neutres sont situés ainsi que la distance critique d'interception (DistCritAvant 380). Le principe de plan neutre a été inséré pour tenir compte de systèmes de protection active où une protection orientée vers le bas protégerait une certaine hauteur du véhicule alors qu'une protection vers le haut protégerait le reste (voir Figure 2). La Figure 1 montre deux vues en tranche du contour du véhicule et des plans d'interception. La première tranche est au niveau du plan neutre avant (voir Figure 2) et la deuxième au niveau du canon du véhicule. C'est à l'utilisateur de déterminer la configuration du plan neutre et d'inscrire sa hauteur. De la même façon, la distance critique d'interaction est la distance entre le véhicule et le croisement des plans de protection, c'est-à-dire à la hauteur du plan neutre. Une hauteur de plan neutre et une distance critique d'interception doivent être inscrites pour chacune des directions principales : avant, arrière et côtés.

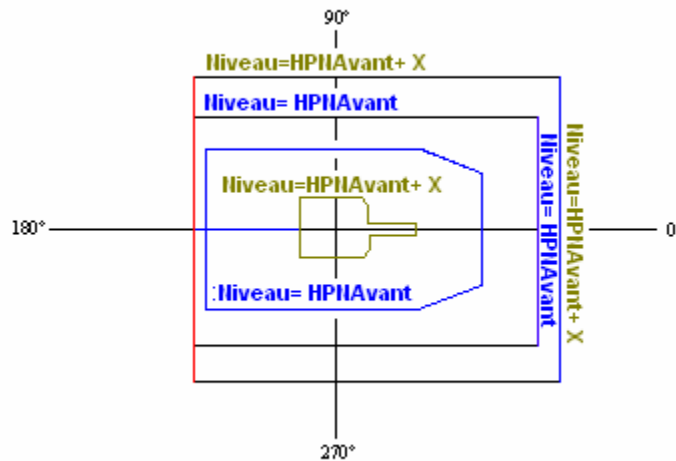


Figure 1 : Tranches du véhicule et des plans d'interceptions de la protection active, et système de référence angulaire (plan d'interception arrière est inactif).

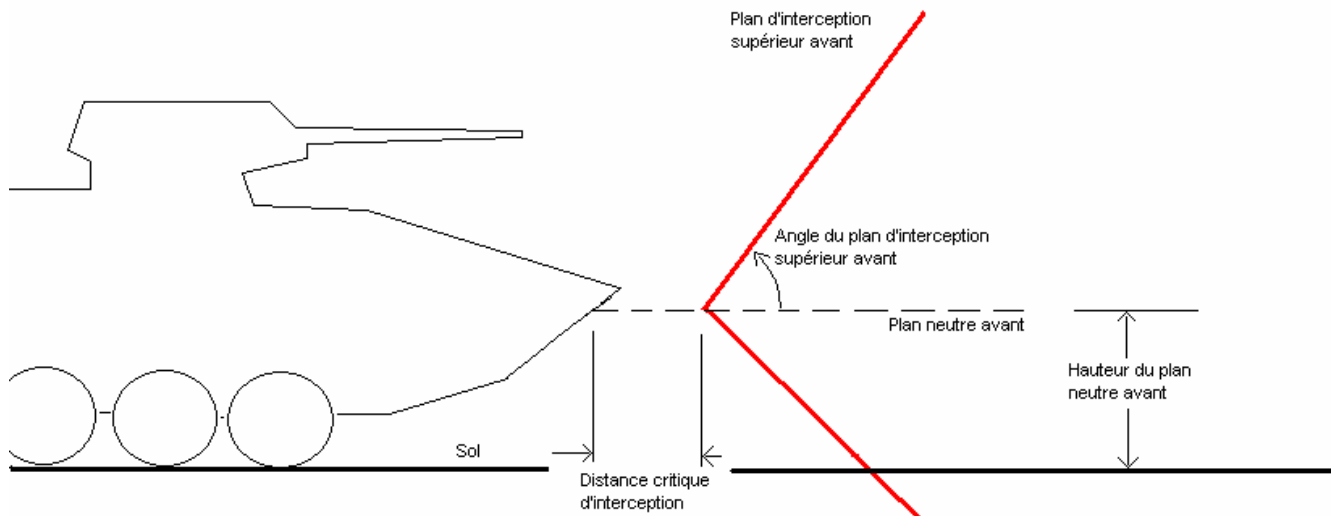


Figure 2 : Profil de l'avant du véhicule et des deux plans d'interception avant.

Finalement, le nom des différents fichiers de données fournies par *SLAMS* suivi du nom du fichier de sortie du post-processeur sont inscrits.

## 2.2 Format des fichiers provenant de *SLAMS* pouvant être traités

Le fichier typique fournit par *SLAMS*, doit avoir une extension « .txt .» Chaque fichier correspond à une étude de vulnérabilité de type ligne de feu (Shotline analysis) pour un système donné (exemple: « FirePower ») ou un groupe de système donné (exemple: Mission ou PMA/Mobility-FirePower) face à un certain niveau de dégradation d'une menace. La dégradation d'une menace est modélisée par une menace non-dégradée équivalente. Par exemple, une charge creuse dégradée à 75% de sa pénétration non-dégradée peut être modélisée par une autre charge creuse dont le rayon est égal à 75% de l'original puisque la pénétration de cette menace est fonction linéaire de son diamètre. Chaque fichier contient donc une série de matrices correspondant chacun à un plan d'attaque divisé en cellule. Le fichier doit contenir une ligne donnant la taille des matrices de données précédée du mot clef « GRID » comme suit :

GRID 300 120 25

Le premier chiffre correspond au nombre de colonnes, le deuxième au nombre de rangées de cellules divisant le plan d'attaque et le troisième chiffre à la dimension en millimètre des cellules. La matrice de données (cellules) doit suivre à la ligne suivante. Chaque cellule correspond à la vulnérabilité du système étudié si le véhicule est frappé par la menace au centre de cette cellule en suivant l'angle d'attaque. Il est important que les matrices de données soient classées en ordre croissant d'angle d'attaque de  $-179^\circ$  à  $180^\circ$ .

La vulnérabilité d'une cellule correspond en fait à la probabilité de « kill » du système étudié par la menace selon la trajectoire qu'il suit et l'importance des composantes touchées pour ce système. Ainsi les données constituant la matrice sont des valeurs de 0 à 1, où 1 signifie que le système étudié est hors d'usage lorsque le véhicule est frappé dans cette cellule. La matrice contient également des valeurs égales à  $-1$ . Ces valeurs signifient que la trajectoire passant par cette cellule ne frappe pas le véhicule pour cet angle d'attaque. Ainsi, en regardant une matrice de données, en général il est possible de distinguer le contour du véhicule.

### **2.3 Hypothèses et Simplifications considérées pour la conception de ce Post-Processur de *SLAMS***

- La trajectoire du projectile ne varie pas en élévation
- Même lorsque le projectile est dévié par la protection active, sa trajectoire au point d'impact sur le véhicule de même que dans la cible est considérée horizontale (voir Figure 3 au niveau du canon)
- Les angles principaux d'attaque ( $-90^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  et  $180^\circ$ ) doivent toujours être étudiés.
  - Puisque les dimensions du véhicule et certaines distances entre les plans d'interception sont estimées à partir de ces plans.
- La distance entre les faces du véhicule (avant= $0^\circ$ , côtés= $-90^\circ$  et  $90^\circ$ , arrière= $180^\circ$ ) et leur plan d'interception respectif est déterminée à partir de leur profil, c'est-à-dire la vue perpendiculaire à cette face.

- Ainsi la distance pour ces plans est constante sur une rangée de cellules à la même hauteur. C'est donc la cellule la plus proéminente (p/r au profil) de cette rangée qui dicte la distance «cellule-plan d'interception. »
- L'angle d'incrémentation entre les angles d'attaque étudiés doit être régulier.
- Une attaque n'est déviée que vers le haut ou le bas.
  - Ainsi seule la hauteur d'évitement (négative ou positive) est calculée. La hauteur d'évitement est la distance verticale à franchir pour éviter le véhicule étudié.
- La hauteur d'évitement est considérée pour chacune des cellules.
- Le projectile peut être dévié vers le haut ou le bas peu importe quel plan d'interception le fait dévier.
  - Ainsi il y a deux hauteurs d'évitement pour chaque cellule. Ces hauteurs sont simplement calculées à partir du nombre de cellules immédiatement au-dessus et en dessous, visibles sur le même plan d'attaque.
- Il est possible de désactiver un ou plusieurs plans d'interception
  - Il faut par contre décrire le plan de la façon suivante dans le fichier d'entrées. Pour désactiver par exemple le plan arrière :
    - PlanArr      N
    - HPNArr      0
    - DistCritArr 0
    - APISupArr  90
    - APIInfArr  -90
  - Les 4 derniers paramètres servent à limiter la portée des plans d'interception adjacents. Ainsi, dans l'exemple ci-haut les plans de chaque côté seraient limiter à une distance de 0mm de l'arrière du véhicule par le paramètre DisCritArr. Cette distance est référencée à la cellule (dans la vue de côté) correspondante à la haute du plan neutre arrière : HPNArr. Les deux angles qui suivent permettent de couper les plans adjacents à un certain angle.

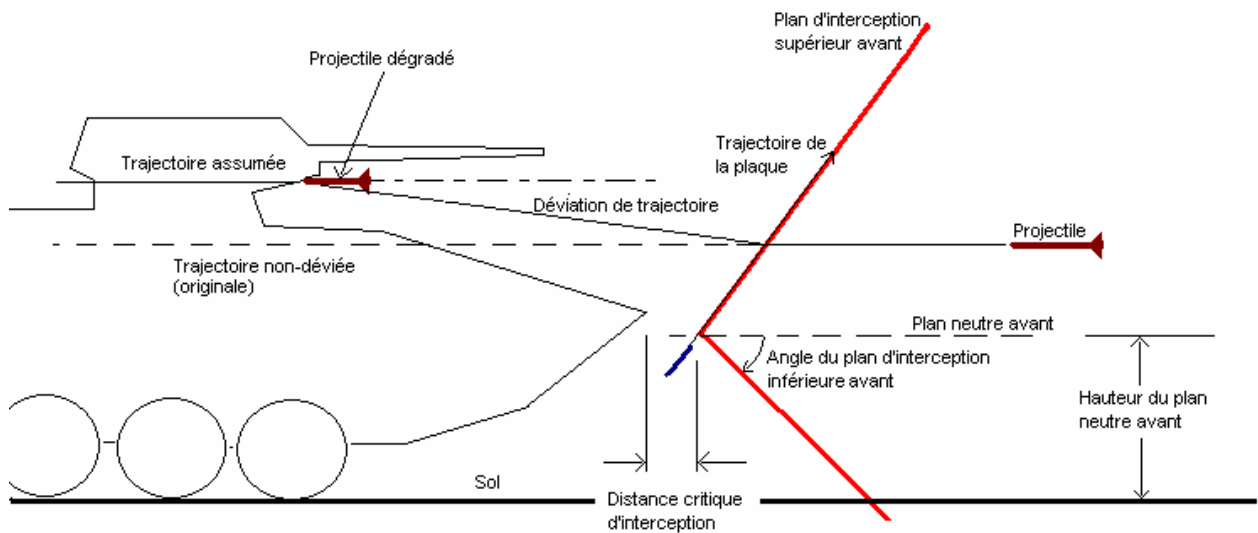


Figure 3 : Schéma d'une interception d'un projectile de type fléchette par une protection active de type plaque lancée.

#### 2.4 Principe de base du Post-Processeur

L'objectif final du post-processeur est de considérer la déviation verticale et la dégradation du projectile (menace), infligées par une protection active donnée, dans le calcul de la vulnérabilité d'un véhicule.

Ce programme est un post-processeur de *SLAMS*. Ainsi il est nécessaire d'effectuer une analyse de vulnérabilité du véhicule pour les angles d'attaques voulus avant de procéder au post-traitement de ces données avec le post-processeur. L'utilisateur doit procéder à une étude de vulnérabilité avec *SLAMS* et ce pour toutes les dégradations qui apparaissent dans le cas d'interception observé. Le cas d'interception étant composé de plusieurs scénarios d'interception.

Le programme détermine donc quelle cellule le projectile frappe selon sa trajectoire originale et le scénario d'interception considéré (angle de déviation et distance plan d'interception-véhicule). Le programme peut ensuite additionner la vulnérabilité du

véhicule pour cette cellule face à la dégradation du scénario d'interception. Le programme additionne ensuite la vulnérabilité pondérée de chaque scénario d'interception pour toutes les trajectoires d'un angle d'attaque et divise ce total par la surface (en nombre de cellules) du véhicule dans le plan d'attaque correspondant. La vulnérabilité du véhicule face à une menace donnée pour un cas d'interception est alors obtenue. Cette valeur est appelée « OverallPKill. » On peut calculer de façon semblable le « GlobalPKill » qui est l'équivalent, mais calculé pour tous les angles d'attaque : (Vulnérabilité totale de tous les angles d'attaque/le nombre de cellule total de tous les angles d'attaque).

## **2.5 Détermination de la cellule frappée**

Pour déterminer la cellule frappée, il faut d'abord situer le véhicule dans l'espace par rapport aux plans d'interception. Cette étape est réalisée en grande partie à partir des 4 plans principaux d'attaque à  $-90^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  et  $180^\circ$ , puisque ce sont sur eux que les plans d'interception sont référencés au départ (par la variable : DistCritAvant, Cote ou Arr). Le programme détermine ensuite quel plan d'interception « protège » quelles cellules (considérant aucune déviation de la trajectoire). Ensuite, par trigonométrie simple et en estimant les dimensions projetées du véhicule dans le plan d'attaque, on peut savoir quelle cellule est frappée pour une trajectoire originale donnée et une déviation donnée. Après quoi, il suffit d'aller chercher la valeur de vulnérabilité dans la matrice correspondante à la menace dégradée imposée par le scénario d'interception.

## **2.6 Structure du fichier des données sortantes**

Le fichier des données sortantes est de type .txt. Il présente d'abord les niveaux de vulnérabilité de l'engin étudié avec protection active, suivit de l'engin seul. Chaque colonne représente la vulnérabilité d'un système, OverallPKill, et elles sont disposées dans l'ordre d'entré des noms de fichier provenant de SLAMS qui sont inscrits dans le fichier des données d'entré. Dans l'exemple en Annexe A, les colonnes de chiffres du fichier de données de sortie seraient disposées dans l'ordre suivant: Mobility, FirePower,



Troop, Mission, CatastrophicKill. Chaque rangé représente la valeur OverallPKill pour un plan d'attaque. De haut en bas, les données OverallPKill suivent l'ordre de traitement des plans d'attaque par SLAMS. Dans l'exemple en Annexe A, les rangées représenteraient dans l'ordre de haut en bas les angles de  $-170^\circ$  à  $180^\circ$ .

Suite aux données OverallPKill de l'engin sans protection active, la vulnérabilité globale, GlobalOPKill, de chacun des systèmes est inscrite, d'abord pour l'engin avec protection active, puis sans protection active et ce dans le même ordre dans lequel ont été inscrits les fichiers de SLAMS dans le fichier de données d'entrée.

### 3.0 ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ DU LAV III

#### 3.1 Types de protection active simulés

Trois types de protection active ont été simulés dans cette étude : le type plaque lancée parallèlement au plan d'interception (Figure 3) et les types « blast ou fragment » (Figure 4), selon les paramètres résumés au Tableau 1.

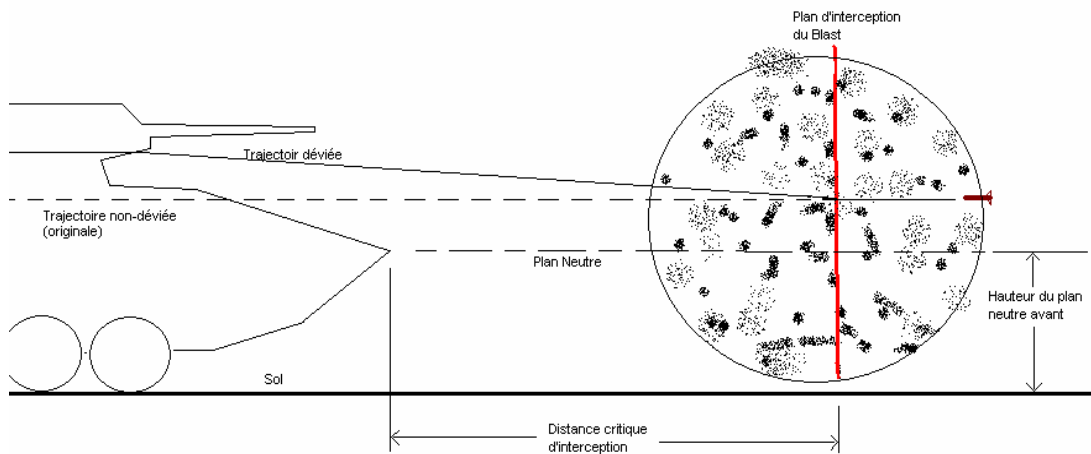


Figure 4 : Illustration de l'interception d'un projectile par une protection active de type « blast » ou fragment.

Tableau 1: Résumé des différentes configurations de protection active utilisée.

<b>Configuration des protections actives étudiées</b>			
<b>Protection</b>	<b>Plaque Lancée</b>	<b>Explosif à effet de Souffle</b>	<b>Fragment</b>
<b>Paramètres</b>			
<b>Plan d'interception actif</b>	Tous	Tous	Tous
<b>Hauteurs des plans neutres</b>	Tous à 1500 mm	Tous à 1500 mm	Tous à 1500 mm
<b>Distances critiques</b>	Tous à 380 mm	Tous à 10000 mm	Tous à 10000 mm
<b>Angles des plans d'interceptions</b>	Tous à $\pm 60^\circ$	Tous à $\pm 90^\circ$	Tous à $\pm 90^\circ$
<b>Distance annulant les effets</b>	1000 mm	14900 mm	0 mm
<b>Menaces correspondantes</b>	« Long Rod » 53cm et calibre moyen	« Long Rod » 53 cm	Charge creuse de 85mm

La protection active de type plaque lancée intercepte le projectile relativement près du véhicule. La plaque est lancée du véhicule et suit une trajectoire de  $\pm 60^\circ$ . La plaque est parallèle à sa trajectoire de lancé, c'est-à-dire que c'est son côté qui frappe le projectile attaquant. Les plans d'interception sont des plans virtuels qui représentent l'ensemble des trajectoires possibles des plaques. Pour simplifier le calcul, la trajectoire de la menace, au moment où elle touche le véhicule, est considérée comme étant horizontale, tel que montré en Figure 3.

Les protections de type « blast » et fragment interceptent les menaces beaucoup plus loin que la protection par plaque lancée. Elle utilise des engins explosifs pour faire dévier et/ou annihiler la menace. La distance d'intervention de ces engins permet au véhicule de ne pas être pénalisé par son propre système de défense en plus d'augmenter la déviation du projectile (angle de déviation\*distance parcourue) avant de croisé le véhicule.

### 3.2 Cas d'interception observés

Chaque couple menace-type de protection active présente au moins un cas d'interception type. Chaque **cas d'interception** est à l'origine en théorie une courbe continue de densité de probabilité d'événement. Un événement étant ici une déviation précise pour une dégradation donnée. Pour simplifier, voire permettre l'étude de l'effet des protections actives, les événements ont été regroupés en **scénarios d'interception**. Ainsi un scénario est une probabilité qu'une menace soit dégradée à un certain niveau et déviée d'un angle donné. Les Tableaux 2, 3 et 4 résument les différents cas d'interceptions étudiés.

Tableau 2: Résumé des cas d'interception liés à la protection active de type plaque lancée.

<b>Cas d'Interception de la Protection de type Plaque Lancée</b>					
Param. Menaces	#	Prob. d'évèn ement	Angle de déviation (°)	Pénétration résiduelle relative	Scénario <i>SLAMS</i> utilisé
<b>Long Rod de 53 cm de long</b>	1	0.20	0.00	1.00	LR53HighRes360'
	2	0.08	3.30	1.00	
	3	0.07	1.5	1.00	
	4	0.31	4.15	0.75	LR34HighRes360'
	5	0.06	5.6	0.75	
	6	0.20	8.32	0.60	LR24HighRes360'
	7	0.06	5.6	0.60	
	8	0.02	7.4	0.60	
<b>Medium Caliber</b>	1	0.3056	0.00	1.00	30mm_FullLength_HighRes
	2	0.0185	3.43	0.45	30mm_v1500_100g_HighRes
	3	0.0185	6.82	0.31	30mm_v1200_100g_HighRes
	4	0.1482	1.72	0.18	30mm_v1200_10g_HighRes

Tableau 3: Résumé du cas d'interception liés à la protection active de type blast.

<b>Cas d'Interception de la Protection de type « Blast 3kg»</b>					
<b>Param.</b> Menace	<b># de Scén.</b>	<b>Prob. d'évènement</b>	<b>Angle Déviation (°)</b>	<b>Pénétration résiduelle relative</b>	<b>Scénario <i>SLAMS</i> utilisé</b>
<b>Long Rod de 53 cm de long</b>	1	0.35	0.00	1.00	LR53HighRes360
	2	0.15	0.50	0.75	LR34HighRes360
	3	0.20	0.75	0.60	LR24HighRes360
	4	0.10	0.75	0.30	LR7_7HighRes360
	5	0.10	1.00	0.30	
	6	0.10	1.00	0.10	LR0_88HighRes360

Tableau 4: Résumé des cas d'interception liés à la protection active de type fragment.

<b>Cas d'Interception de la Protection de type Fragment</b>					
<b>Charge creuse Ø=85mm</b>	<b># de Scén.</b>	<b>Probabilité d'évènement</b>	<b>Angle de Déviation (°)</b>	<b>Pénétration résiduelle relative</b>	<b>Scénario SLAMS utilisé</b>
<b>Cas #1</b>	1	0.10	0.00	1.00	SC85mm
	2	0.10	0.00	0.50	SC42.5mm
	3	0.40	0.00	0.05	SC4.25mm
	4	0.40	0.00	0.00	S/O
<b>Cas #2</b>	1	0.20	0.00	1.00	SC85mm
	2	0.20	0.00	0.30	SC25.5mm
	3	0.15	+2.00	Slug	SC Slug
	4	0.15	-2.00	Slug	SC Slug
	5	0.30	0.00	0.00	S/O
<b>Cas #3</b>	1	0.10	0.00	1.00	SC85mm
	2	0.20	0.00	0.30	SC25.5mm
	3	0.10	+5.00	Slug	SC Slug
	4	0.10	-5.00	Slug	SC Slug
	5	0.20	0.00	Slug	SC Slug
	6	0.30	0.00	0.00	S/O
<b>Cas #4</b>	1	0.30	0.00	1.00	SC85mm
	2	0.30	0.00	0.30	SC25.5mm
	3	0.10	+2.00	Slug	SC Slug
	4	0.10	-2.00	Slug	SC Slug
	5	0.10	0.00	Slug	SC Slug
	6	0.10	0.00	0.00	S/O
<b>Cas #5</b>	1	0.30	0.00	1.00	SC85mm
	2	0.20	0.00	0.30	SC25.5mm
	3	0.05	+5.00	Slug	SC Slug
	4	0.05	-5.00	Slug	SC Slug
	5	0.10	0.00	Slug	SC Slug
	6	0.3	0.00	0.00	S/O
<b>Cas #6</b>	1	0.40	0.00	1.00	SC85mm
	2	0.125	+2.00	Slug	SC Slug
	3	0.125	-2.00	Slug	SC Slug
	4	0.25	0.00	Slug	SC Slug
	5	0.10	0.00	0.00	S/O

### 3.3 Modélisation du point de vue de *SLAMS* des différentes dégradations de menace

Un des éléments importants, qui compose un scénario *SLAMS*, est le modèle de projectile utilisé. Dépendamment de la menace (type de projectile, vitesse, forme,...) et de sa dégradation à modéliser, l'algorithme de pénétration valide peut varier. Le Tableau 5 résume ainsi les différents algorithmes de pénétration utilisés dans chaque scénario listés dans les Tableaux 2,3 et 4.

Tableau 5: Résumé des scénarios *SLAMS* et menaces (*threats*) associés qui utilise l'algorithme *Long Rod* dans *SLAMS* (autres paramètres laissés par défaut).

<b>Algorithme Utilisé : <i>Long Rod</i></b>					
<b>Scénarios &amp; Threats</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Base Diameter (mm)</b>	<b>Base Length (mm)</b>	<b>Density (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Impact Speed (m/s)</b>
LR53HighRes360 guy1_apfsds		24	530	17700	1500
LR34HighRes360 guy2_apfsds		24	340	17700	1500
LR24HighRes360 guy3_apfsds		24	240	17700	1500
LR7_7HighRes360 guy9_apfsds		24	77	17700	1500
LR0_88HighRes360 guy10_apfsds		24	8	17700	1500
30mm_FullLength_HighRes guy12_apfsds		9.84	167	17700	1120
30mm_v1500_100g_HighRes guy13_apfsds		9.84	47	17700	1500
30mm_v1200_100g_HighRes guy13_apfsds		9.84	47	17700	1200
30mm_v1200_10g_HighRes guy14_apfsds		9.84	16	17700	1200

Tableau 6: Résumé des scénarios *SLAMS* et menace (*threats*) associés qui utilise l'algorithme *Shaped-Charge type 2* dans *SLAMS* (autres paramètres laissés par défaut).

<b>Algorithme Utilisé : Shaped-Charge type 2</b>				
<b>Scénarios</b>	<b>SC85mm</b>	<b>SC42.5mm</b>	<b>SC25.5mm</b>	<b>SC4.25mm</b>
<b>Paramètres</b>				
<b>Rayon (mm)</b>	85	42.5	25.5	4.25

Tableau 7: Résumé des scénarios *SLAMS* et menace (*threats*) associés qui utilise l'algorithme *FSP* dans *SLAMS* (autres paramètres laissés par défaut).

<b>Algorithme Utilisé : Long Rod</b>						
<b>Scénarios &amp; Threats</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Base Diameter (mm)</b>	<b>Base Length (mm)</b>	<b>Nose Length (mm)</b>	<b>Density (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vitesse d'impact (m/s)</b>
<b>SC Slug ShapedChargeSlug</b>		20	70	20	7850	2000

### 3.4 Description des deux configurations du véhicule

Le véhicule est étudié sous deux configurations. La première étant un simple LAV III avec 8 passagers (troupe) à l'arrière assis sur les banquettes en plus de l'équipage de base. La deuxième comporte uniquement un ajout au niveau de la protection passive appelée blindage appliqué, (« AddOn » dans *SLAMS*). La protection appliquée est composée de plaques de céramique posée sur la coque du véhicule. Les deux configurations implantées dans *SLAMS* ont été fournies par l'autorité scientifique de ce projet.

## 4.0 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

L'ensemble des résultats est présenté sous forme graphique en ANNEXE B.

L'étude de vulnérabilité de trois systèmes essentiels du LAV III a été réalisée, ainsi que celle de la vulnérabilité des engins explosifs (appelé :**Catastrophic Kill**). Les trois systèmes considérés nécessaires à la réalisation d'une mission standard du LAV III sont les suivants :

1. Puissance de feu appelé : **Fire Power**
2. Mobilité : **Mobility**
3. Troupe : **Troop**

Chacun de ces systèmes est un ensemble complexe composé autant de pièces mécaniques et électriques que du personnel opérateur du véhicule et des passagers. Certaines composantes de ces systèmes sont redondantes, ainsi la destruction d'une ou plusieurs d'entre elles n'entraîne pas automatiquement une mise hors d'usage de ce système. La mise hors d'usage d'un système sera appelée *vulnérabilité de 1.0* ou *unitaire* pour être plus exacte. Par exemple, il n'est pas nécessaire qu'un système soit complètement détruit pour qu'il soit considéré inutile. Ainsi, bien que ce critère soit délicat à discuter, on peut considérer qu'un certain nombre de blessés chez les passagers suffit pour que le système « Troop » ne puisse plus remplir sa mission.

Il a été considéré intéressant de combiner les trois systèmes en un seul pseudo système global appelé Mission. Chacun des systèmes est affecté d'une pondération imposée par le client comme suit :

- 60% Fire Power
- 100% Mobility
- 100% Troop

La vulnérabilité totale pondérée, ainsi obtenue, représente le risque d'échec d'une mission typique du LAV III pour une menace donnée, en considérant l'importance de chaque système. Par exemple, si un tir frappe uniquement des composantes affectant le



système « Mobility » et que celui-ci est dégradé à 40% de sa capacité normale, alors la capacité de remplir une mission typique est réduite à 40%. Tandis que si un tir touche uniquement le canon et que le système « Fire Power » est dégradé au même 40% de sa capacité initiale, alors la capacité de remplir la mission avec succès n'est réduite qu'à 64% de sa capacité initiale. Ainsi, la pondération devrait représenter l'importance de chaque système à la réalisation d'une mission particulière. La pondération changera en fonction du véhicule et des différentes tâches qui lui sont assignées.

En annexe B, la vulnérabilité des différents systèmes est représentée de façon polaire pour les différentes combinaisons de menace-protection active. Ainsi, il est facile de visualiser la vulnérabilité du LAV III pour chaque plan d'attaque. Notons que la valeur à chaque angle représente la vulnérabilité de tout le véhicule vue de cet angle. Des diagrammes à bandes suivent chaque série de graphiques polaires. Ces diagrammes représentent la vulnérabilité moyenne de tous les plans d'attaques étudiés pour tous les systèmes.

Chaque graphique radial présent 4 courbes de vulnérabilité d'un système montrant pour chaque plan d'attaque la vulnérabilité du véhicule;

- Avec « AddOn », sans Protection Active
- Avec « AddOn », avec Protection Active
- Sans « AddOn », sans Protection Active
- Sans « AddOn », avec Protection Active

Notons que le système « Catastrophic Kill » est différent des autres du fait que les données ne représentent pas la vulnérabilité des engins explosifs dans le véhicule. Elles représentent plutôt la probabilité d'explosion catastrophique d'un engin s'il est touché par une menace. On entend par explosion catastrophique; une détonation suffisante pour rendre invalide les occupants ou pour rendre hors d'usage le véhicule ou encore pour déclencher une réaction en chaîne en faisant exploser les autres engins.

## **5.0 ANALYSE DES RÉSULTATS**

### **5.1 Charge Creuse de 85mm de diamètre versus Grenade à Fragments**

Dans tous les cas d'interception les graphiques comparatifs montrent que la protection passive appliquée a peu d'effet sur une charge creuse de 85mm par rapport à l'effet de la protection active seule. La protection appliquée améliore parfois appréciablement la protection du véhicule lorsque additionnée à la protection active par grenade à fragments.

### **5.2 Fléchette (« long rod ») de 53cm de long versus effet de souffle (« blast » dans *SLAMS*)**

L'ajout de protection passive appliquée n'a pratiquement aucun effet bénéfique sur la vulnérabilité du véhicule. La protection active de type « Blast » seule réduit, quant à elle, la vulnérabilité du véhicule et ce pour tous les systèmes étudiés. Il est à noter que la combinaison des deux types de protection réduit la vulnérabilité plus que la simple addition de l'effet de chacune des deux protections seules.

### **5.3 Fléchette de calibre 30 mm versus Plaque Lancée**

L'ajout de la protection passive appliquée seule réduit légèrement la vulnérabilité du véhicule face au calibre moyen de 30mm de diamètre. Tandis que l'effet de la protection active par plaque lancée réduit de façon remarquable (à environ 1/3 de la vulnérabilité du véhicule dans sa configuration sans protection aucune) la vulnérabilité du véhicule face à cette menace.

### **5.4 Fléchette de 53cm de long versus Plaque Lancée**

La protection passive appliquée n'a pratiquement aucun effet sur la vulnérabilité du véhicule en considérant une certaine incertitude dans le calcul fait par le logiciel *SLAMS*. La protection active par plaque lancée semble avoir un effet bénéfique généralisé sur la vulnérabilité du véhicule.

## 6.0 CONCLUSION

La première partie de ce rapport présente un logiciel de type post-processeur du logiciel *SLAMS*. Le logiciel *SLAMS* calcule la vulnérabilité d'un objet complexe tel un véhicule face à différente menace. Le post-processeur étudie l'effet de différentes protections actives sur la vulnérabilité du véhicule. Certaines étapes doivent être réalisées avant l'utilisation de ce post-processeur :

1. Déterminer les différents cas d'interception (probabilité d'événement et performance résiduelle de la menace) de la menace par la protection active.
2. Avec les performances résiduelles d'une menace, simuler ces différentes menaces résiduelles ainsi que la menace intacte dans *SLAMS*.
3. Écrire un fichier d'entrées comprenant entre autre chose; la configuration des plans d'interceptions ainsi que les différents scénarios d'interception.

La deuxième partie de ce rapport présente une étude de vulnérabilité faite sur un véhicule LAV III. L'étude considère deux configurations de véhicule; avec ou sans protection passive de type appliquée. À ces deux configurations sont ajoutées les protections actives suivantes :

1. Grenade à fragments
2. Effet de souffle
3. Plaque lancée.

La vulnérabilité des deux configurations est étudiée face aux menaces suivantes :

1. Charge creuse de 85 mm de diamètre
2. Fléchette de 53 cm de long
3. Calibre moyen de 30 mm de diamètre

Suite à cette étude, il est possible de voir que le véhicule LAV III est très vulnérable à la menace de type « Long rod » et ce même en configuration avec la protection appliquée ajoutée à la protection active par « Blast » ou par plaque lancée. Notons également la grande efficacité à réduire la vulnérabilité du véhicule, face à la menace de calibre moyen, de la protection active par plaque lancée. Il en est de même pour la protection par grenade à fragment face à la menace de type charge creuse.

UNCLASSIFIED/ SANS CLASSIFICATION

**ANNEXE A**

**FICHER D'ENTRÉES D'UNE ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ D'UN VÉHICULE  
QUELCONQUE MUNIT D'UN SYSTÈME DE PROTECTION ACTIVE DE TYPE PLAQUE  
LANCÉE.**

## UNCLASSIFIED/ SANS CLASSIFICATION

! Les angles sont toujours donnés de -179° à 180° inclusivement.  
! Notons que SLAMS doit fournir les tableaux dans cet ordre.  
! Les majuscules sont utilisées pour plus de clarté, le langage Fortran  
! ne fait pas de distinction entre une lettre majuscule ou bien minuscule.

AnglDepart -170

AnglFinal 180

AnglIncr 10

! Cas d'interception étudier

NbScenarioInt 8

NbDegrad 3

NbSyst 5

! 1/100Probab degres 1/100Degrade

InputMat1 0.2 0.00 1.0

InputMat2 0.31 4.15 0.75

InputMat3 0.20 8.32 0.50

InputMat4 0.06 7.1 0.50

InputMat5 0.02 7.4 0.50

InputMat6 0.06 5.6 0.75

InputMat7 0.08 3.3 1.0

InputMat8 0.07 1.5 1.0

!Pour les mesures suivantes, la hauteur des plans neutres (HPN...) doit être donnée  
!en considérant le point duquel on considère les distances minimales des plans d'interceptions.  
!Le point décrit par ces deux distances correspond au point de croisement des plans d'interceptions  
!supérieur et inférieur. Dans un exemple moins évident, où l'angle du plan d'interc. (API...) est à 90°(p/r à l'horizontal), le point de contact n'a plus vraiment d'importance.  
!Ainsi il faut alors donner la HPN... selon la hauteur du point duquel on calcule la distance.

!Quels plans d'interception sont actifs (Y=oui, N=Non).

PlanAvant Y

PlanCote Y

PlanArr Y

! Hauteur des Plans Neutres et Distances Critique d'interception.

! En mm.

HPNAvant 1500

HPNCote 1500

HPNArr 1500

DistCritAvant 380

DistCritCote 380

DistCritArr 380

DistCancelEffect 1000 (ça fait quoi dans la vie cette commande?)

! Angle du Plan d'Interception Supérieur ou Inférieur

! En degres

APISupAvant 60

APIInfAvant -60

APISupCote 60  
APIInfCote -60  
APISupArr 60  
APIInfArr -60

! Noms des fichiers des données fournies par SLAMS

! Nom1.txt ... NomX.txt %Dégradé  
FileNames1 53\_Mob.txt 53\_FirePower.txt 53\_Troop.txt 53\_Mission.txt 53\_CatasKill.txt 1.0  
FileNames2 34\_Mob.txt 34\_FirePower.txt 34\_Troop.txt 34\_Mission.txt 34\_CatasKill.txt 0.75  
FileNames3 24\_Mob.txt 24\_FirePower.txt 24\_Troop.txt 24\_Mission.txt 34\_CatasKill.txt 0.50

! Nom du fichier de sortie

OutputFileName OutputLongRodSimple.txt

! Données provenant du tableau excel fournit par Guy Bergeron.

!Impact I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	
!Probability	0,16	0,31	0,20	0,06	0,02	0,06	0,08	0,07	0,04
!deflect 0	4,15	8,32	7,1	7,4	5,6	3,3	1,5	0	
!Bent eq length	53	34	24	24	24	34	53	53	53

**ANNEXE B**

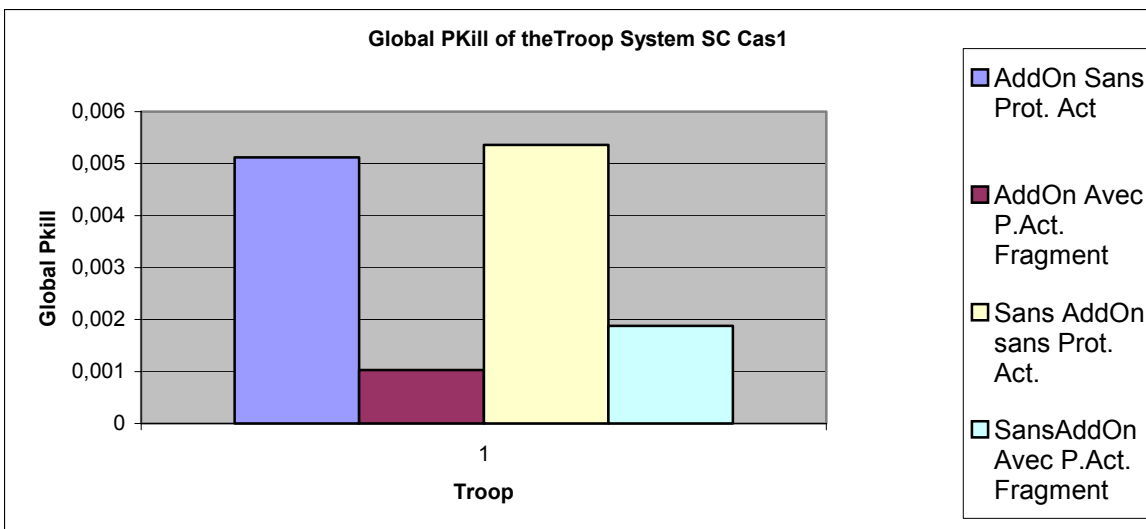
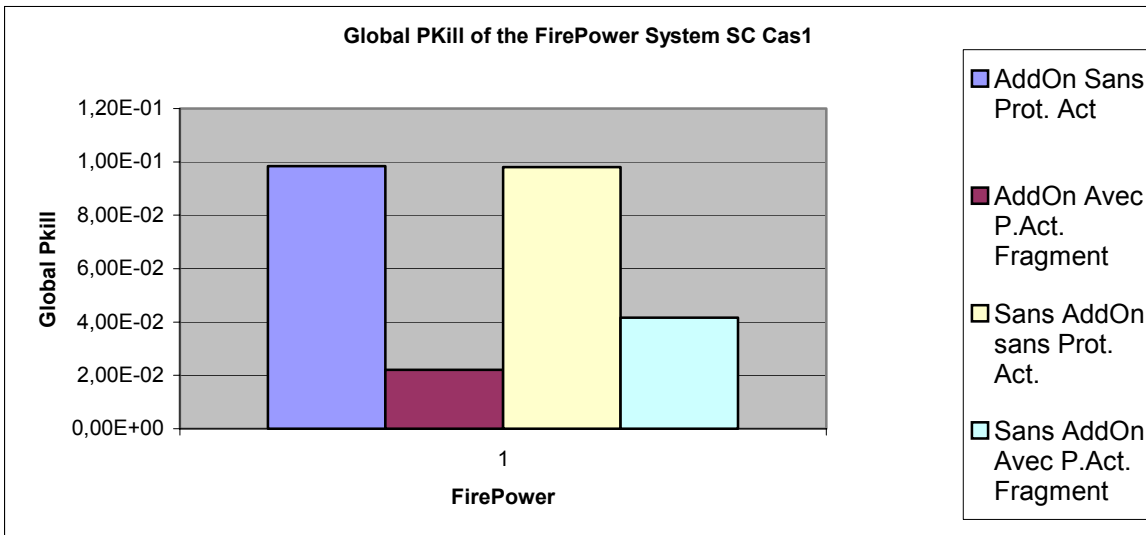
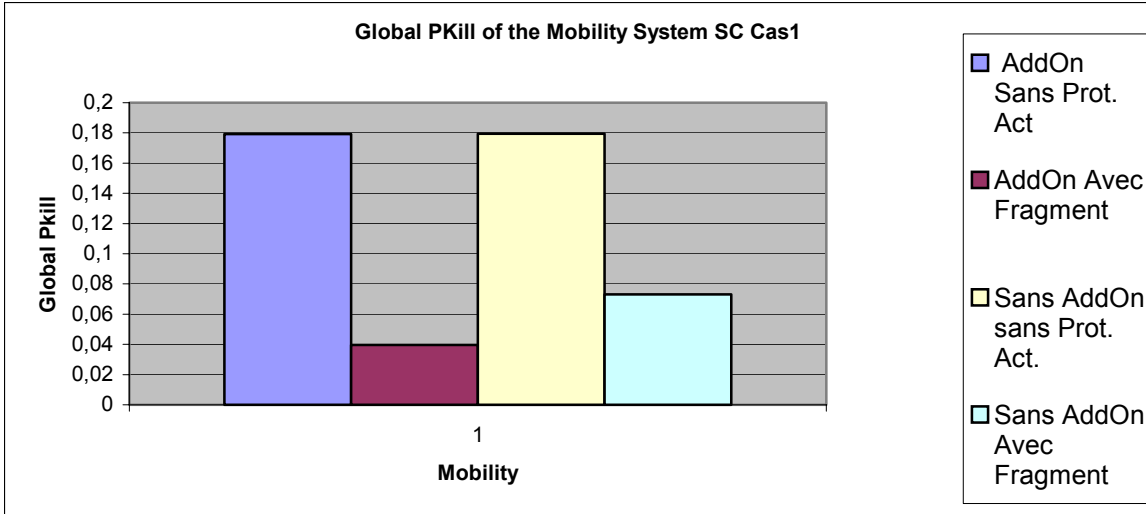
**GRAPHIQUES COMPARATIFS DE VULNÉRABILITÉ DES SYSTÈMES DU VÉHICULE FACE À UNE CERTAINE MENACE, SELON LA PROTECTION ACTIVE UTILISÉE.**

## **ANNEXE B.1**

### **VULNÉRABILITÉ FACE À UNE CHARGE CREUSE DE 85MM DE DIAMÈTRE D'UN VÉHICULE PROTÉGÉ OU NON PAR ADDON ET/OU PROTECTION ACTIVE PAR GRENADE À FRAGMENTS.**

Note : 6 cas d'interception de la charge creuse par la grenade à fragments  
sont étudiés.





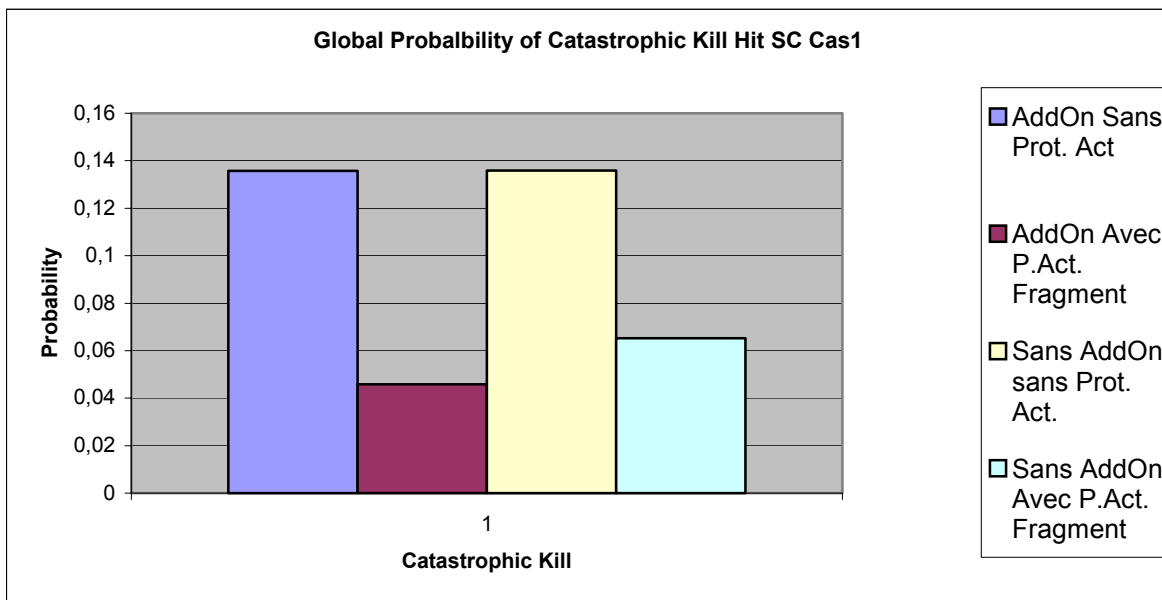
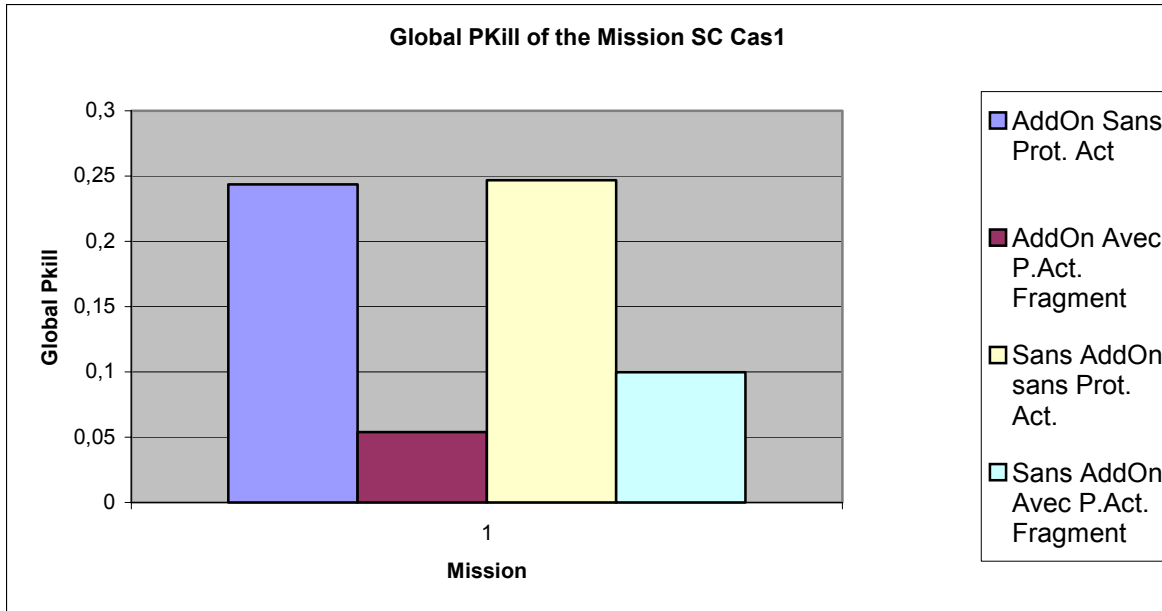
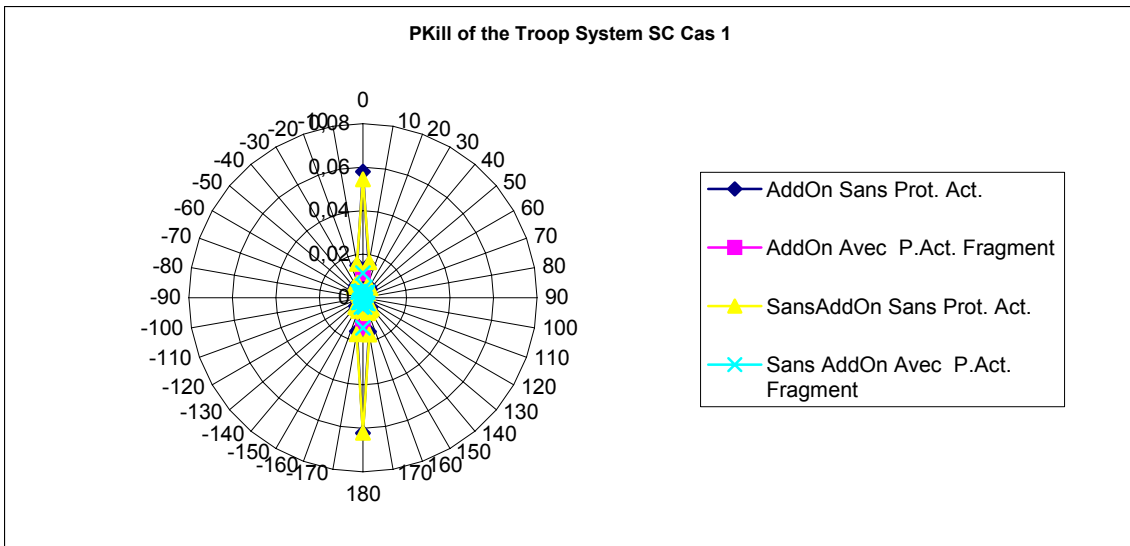
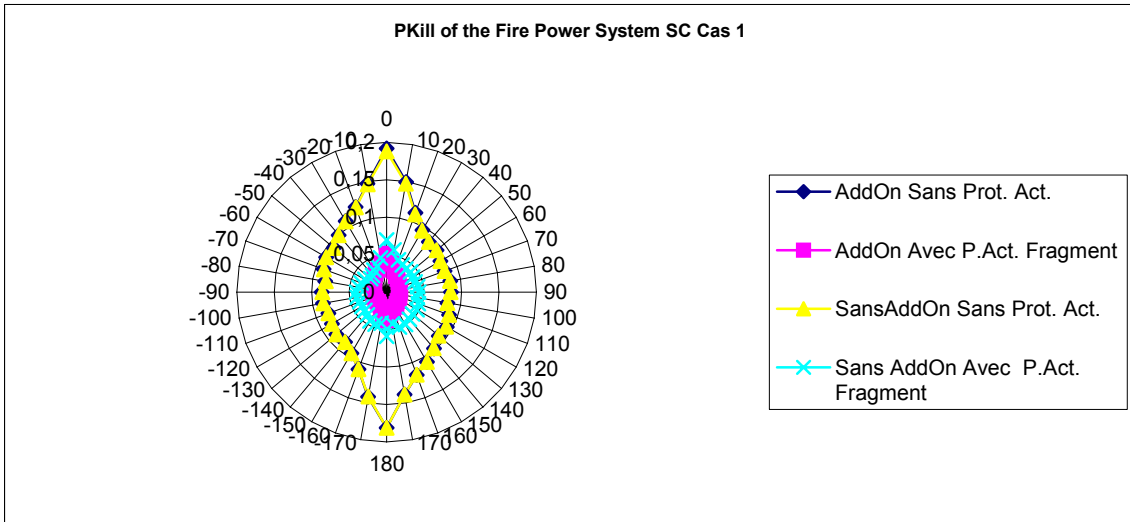
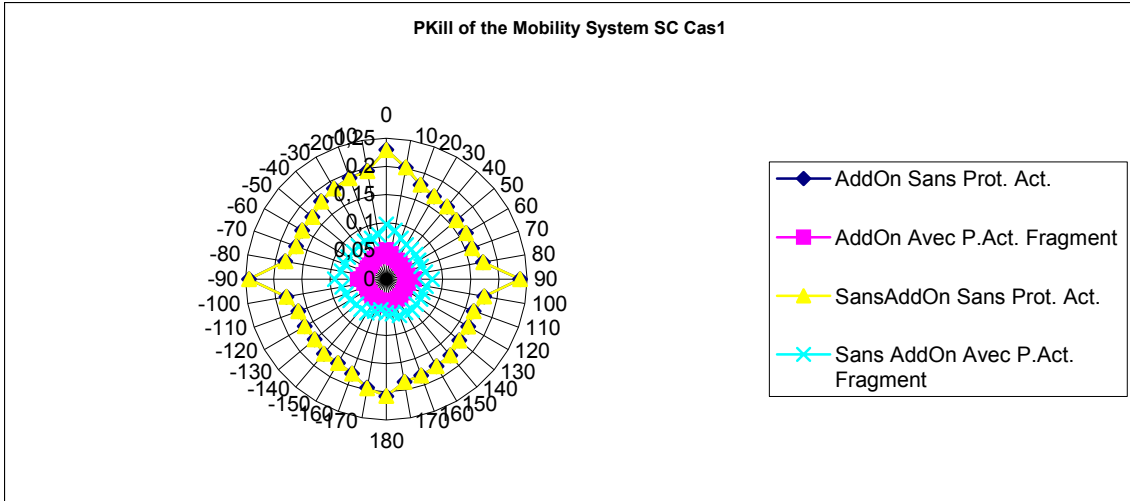


Figure 5: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 1 d’interception d’une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.

UNCLASSIFIED/ SANS CLASSIFICATION



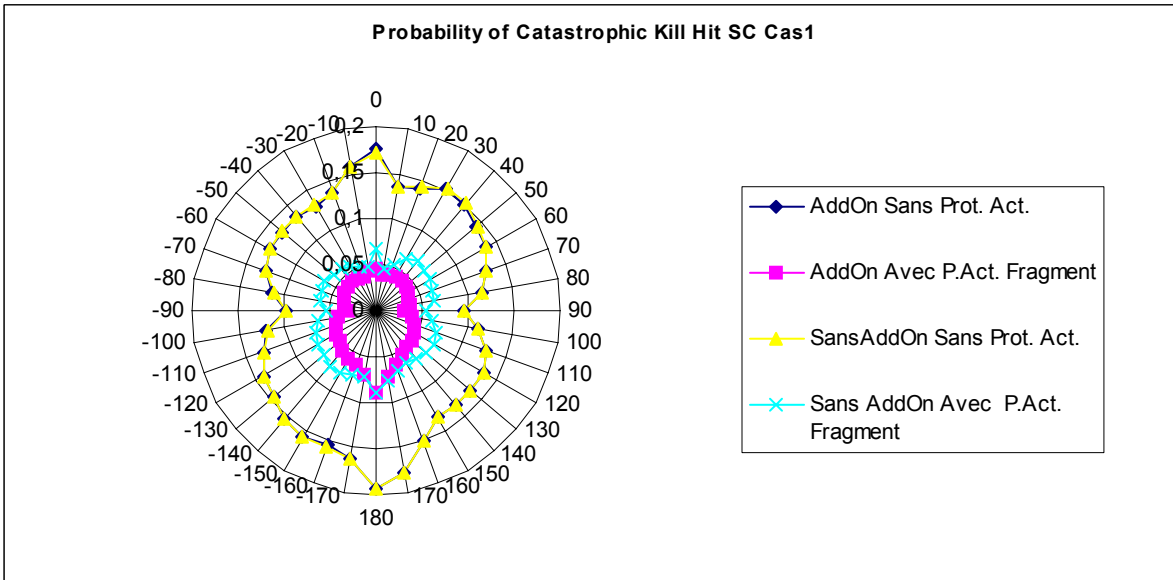
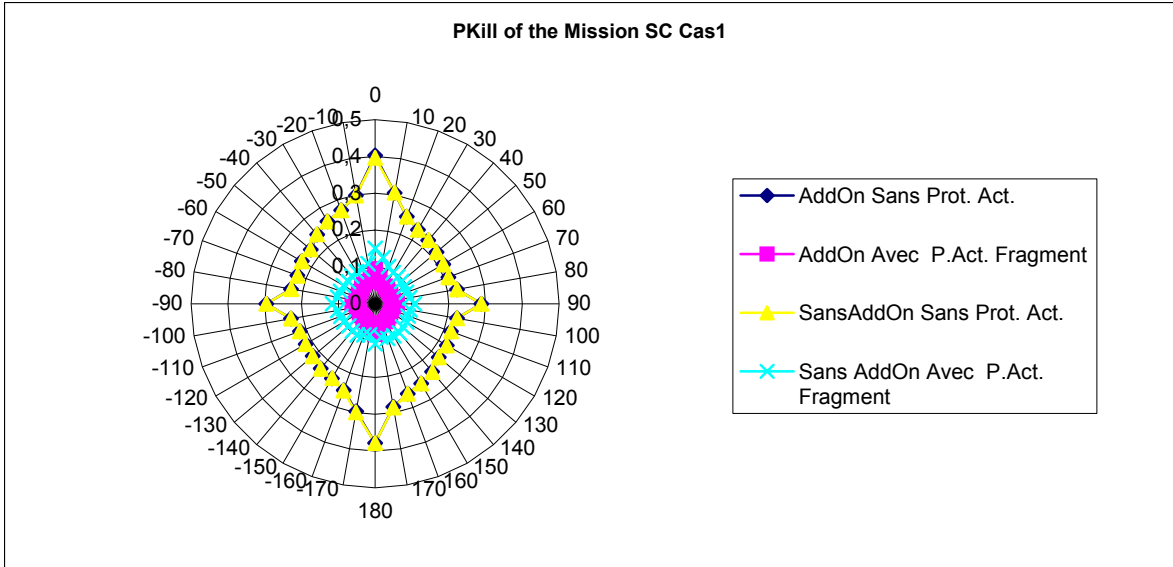
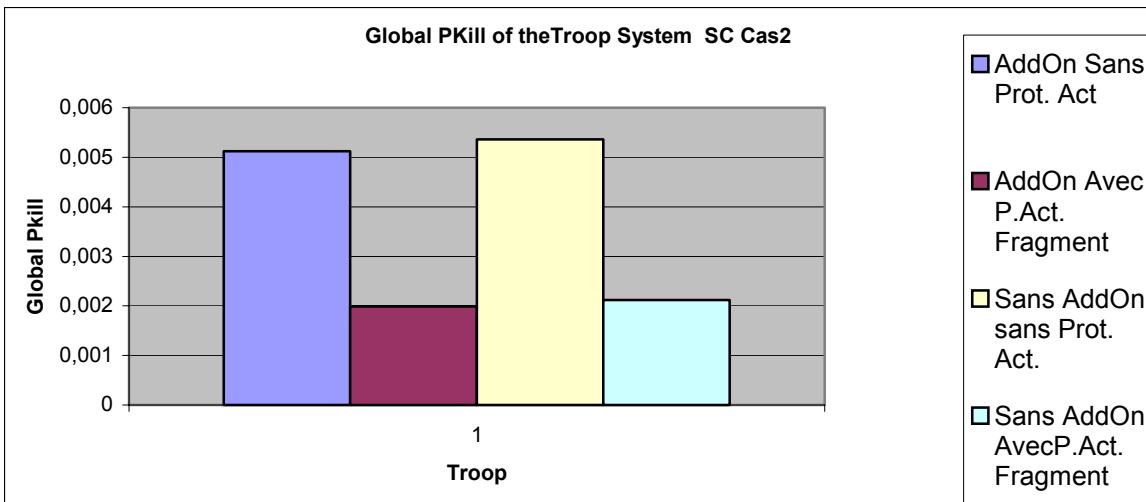
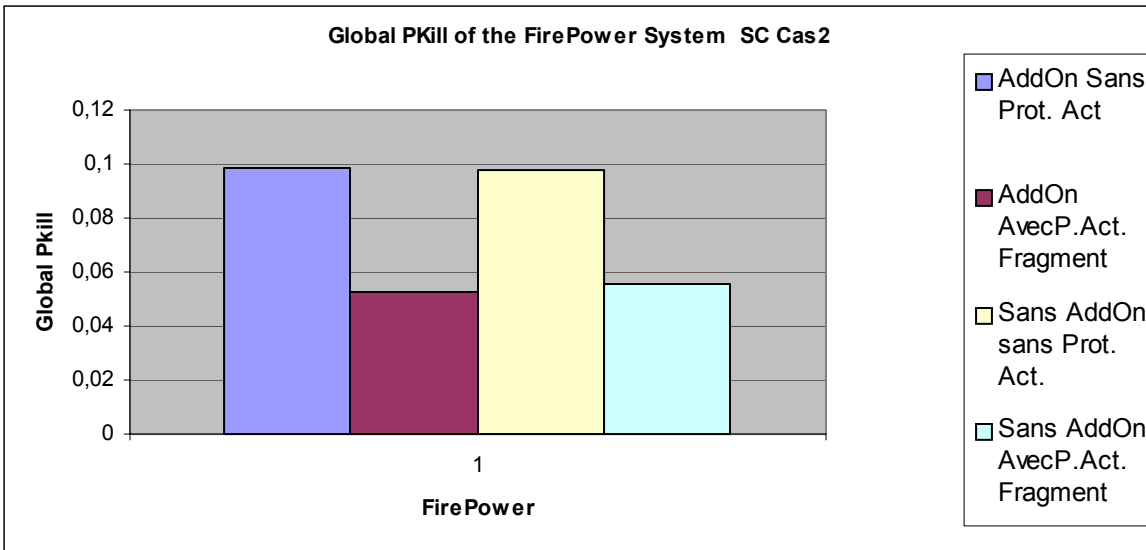
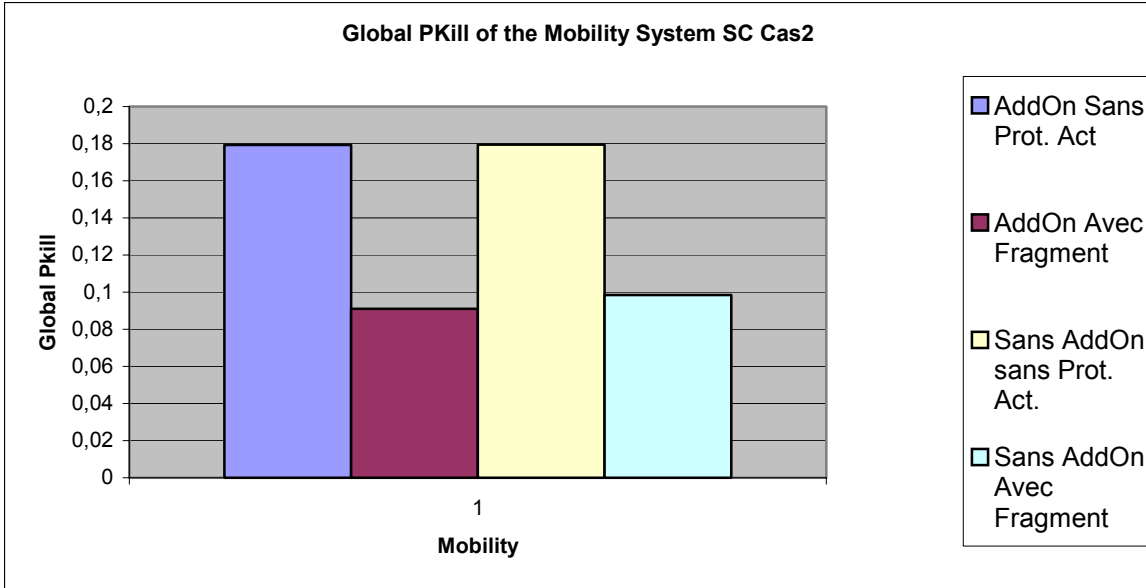


Figure 6: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrément, pour le cas 1 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.



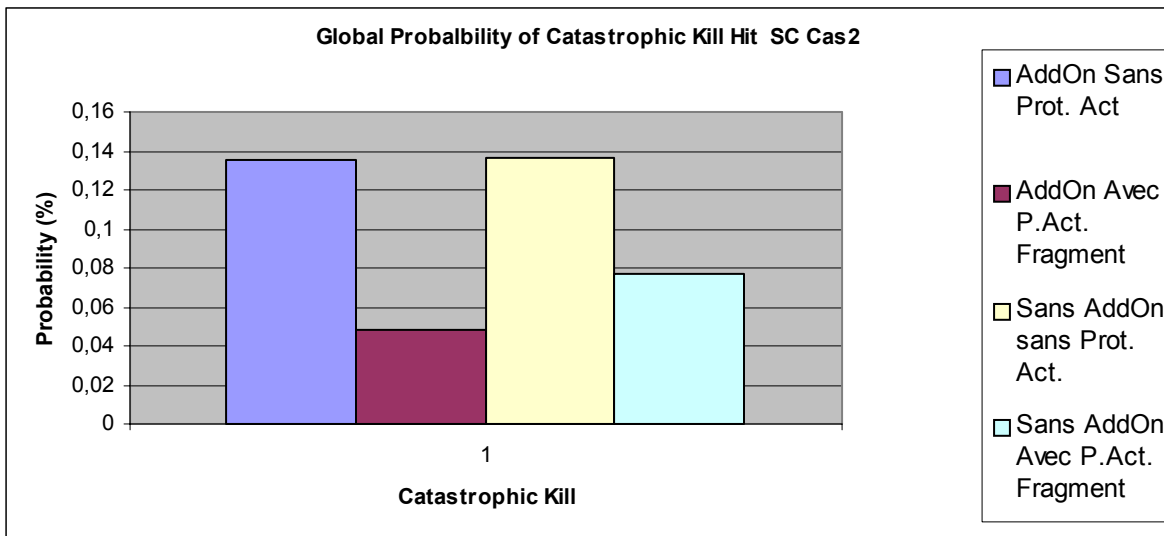
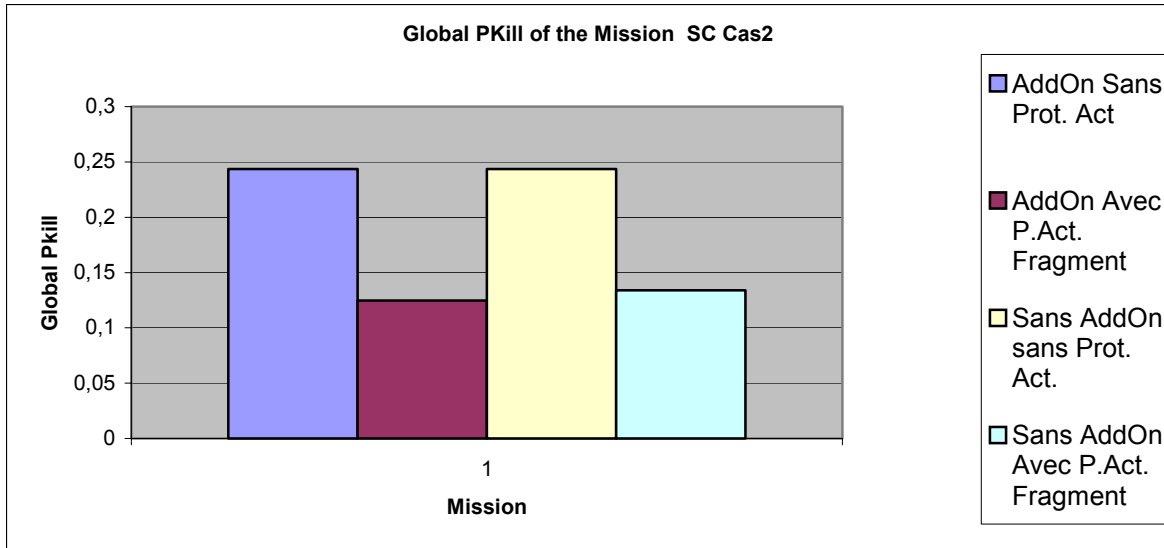
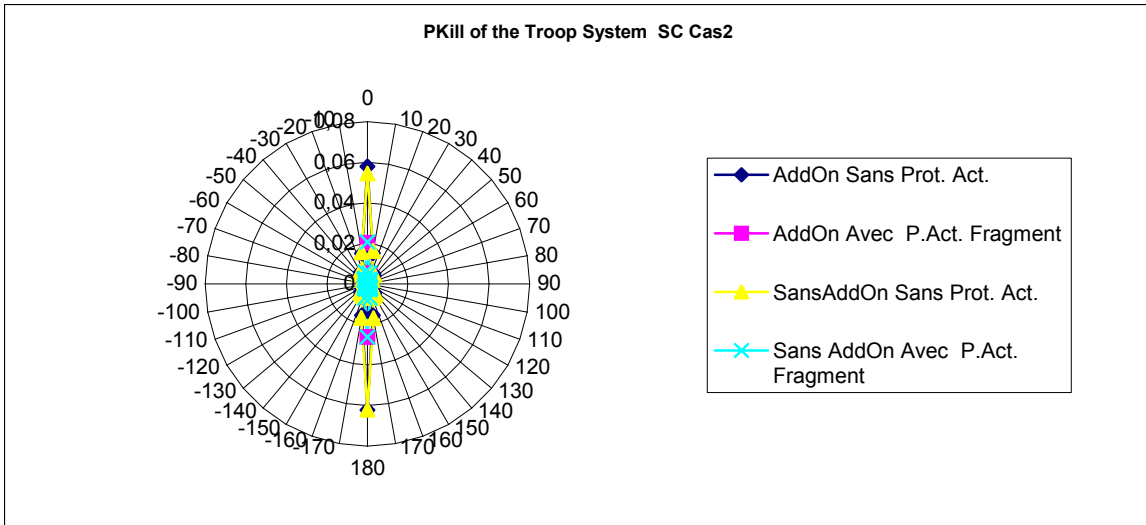
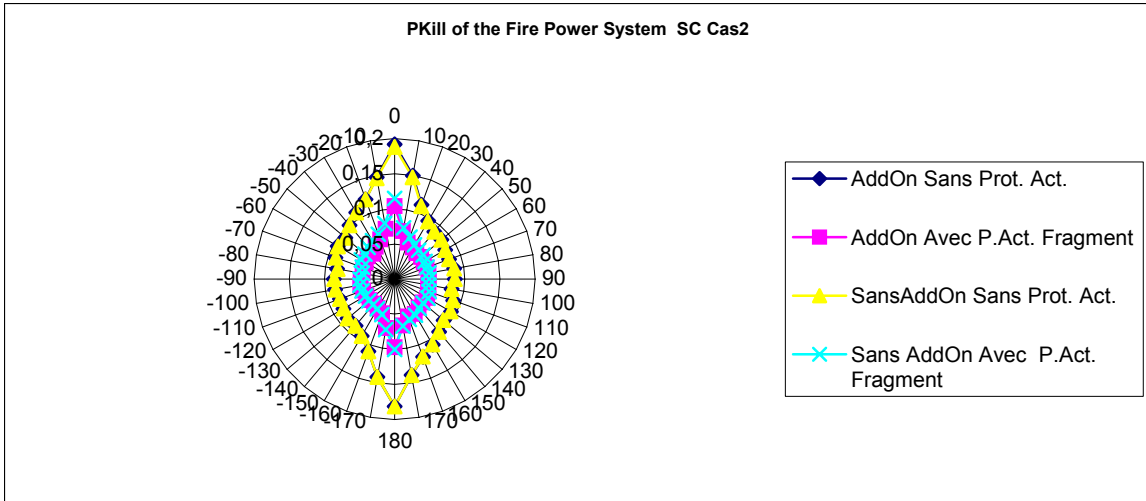
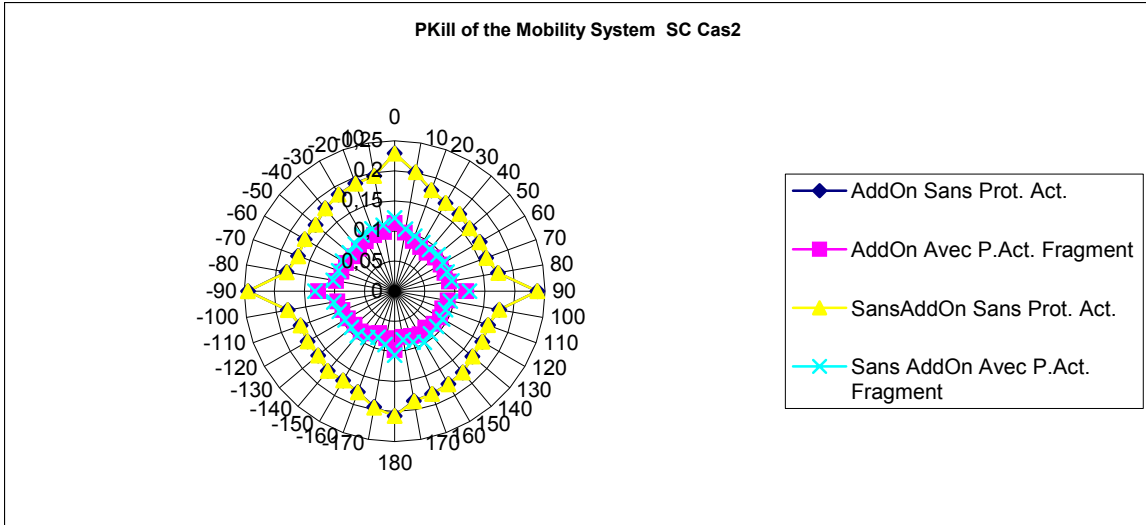


Figure 7: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 2 d’interception d’une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.

UNCLASSIFIED/ SANS CLASSIFICATION



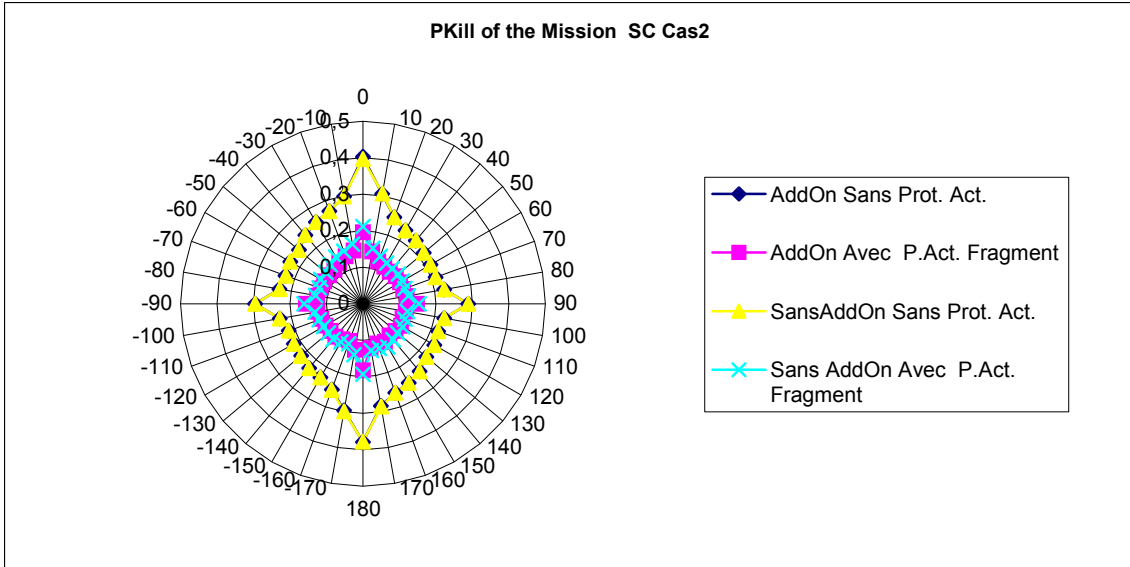
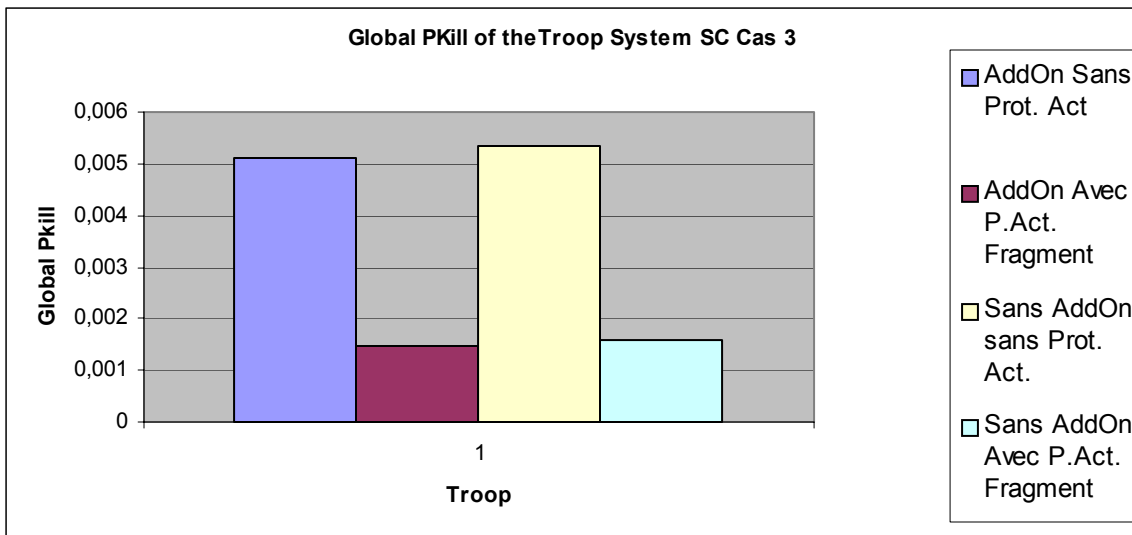
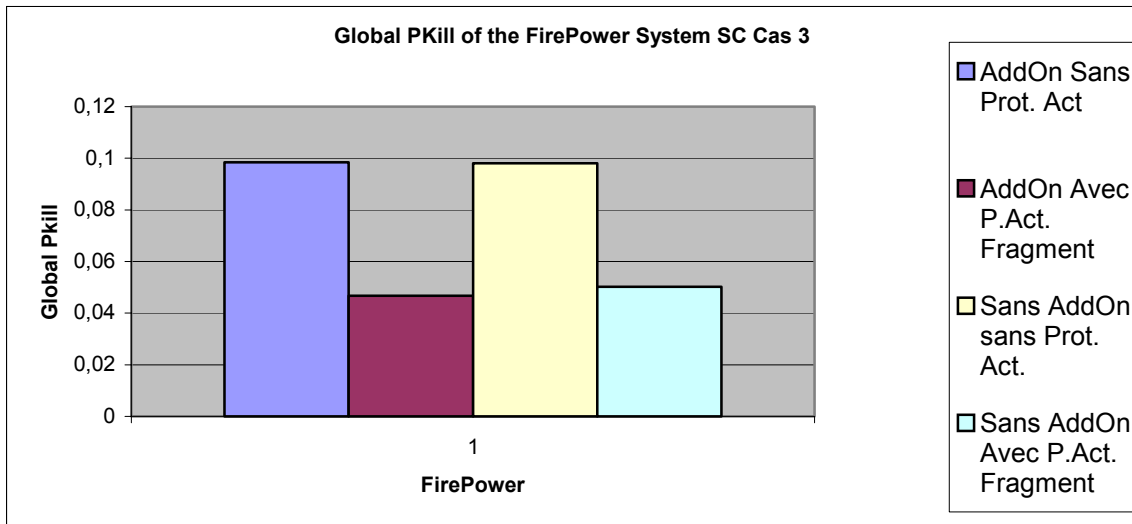
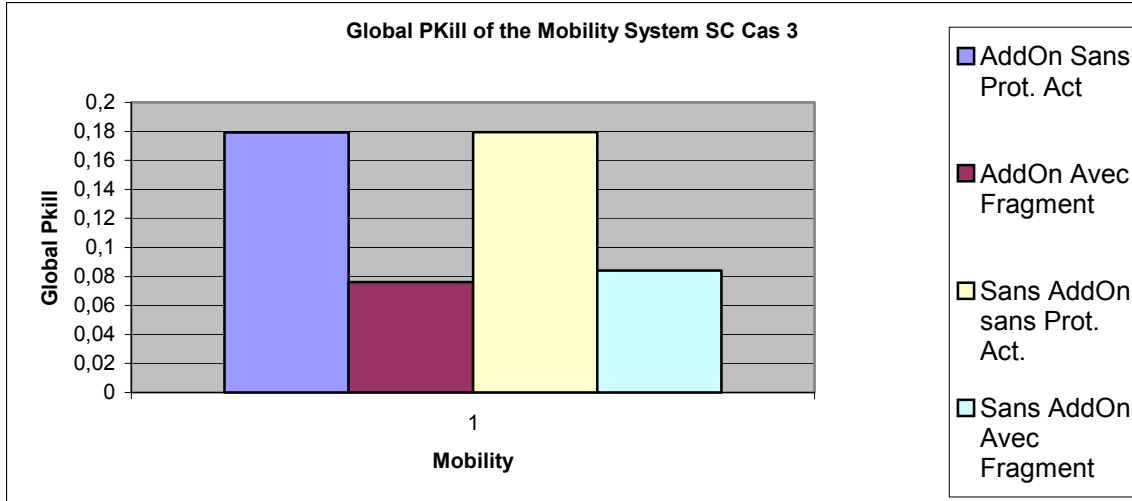


Figure 8: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrément, pour le cas 2 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.





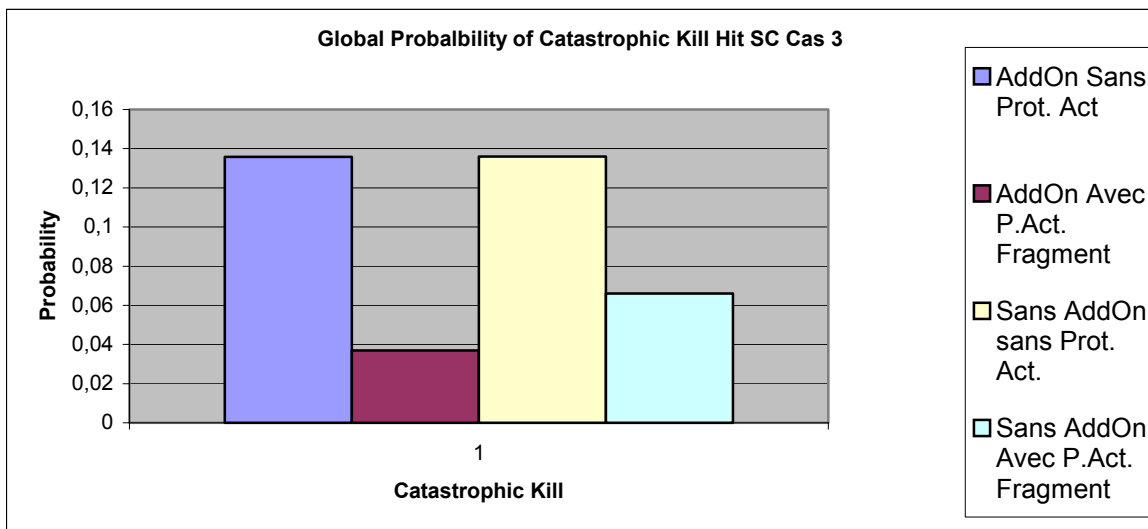
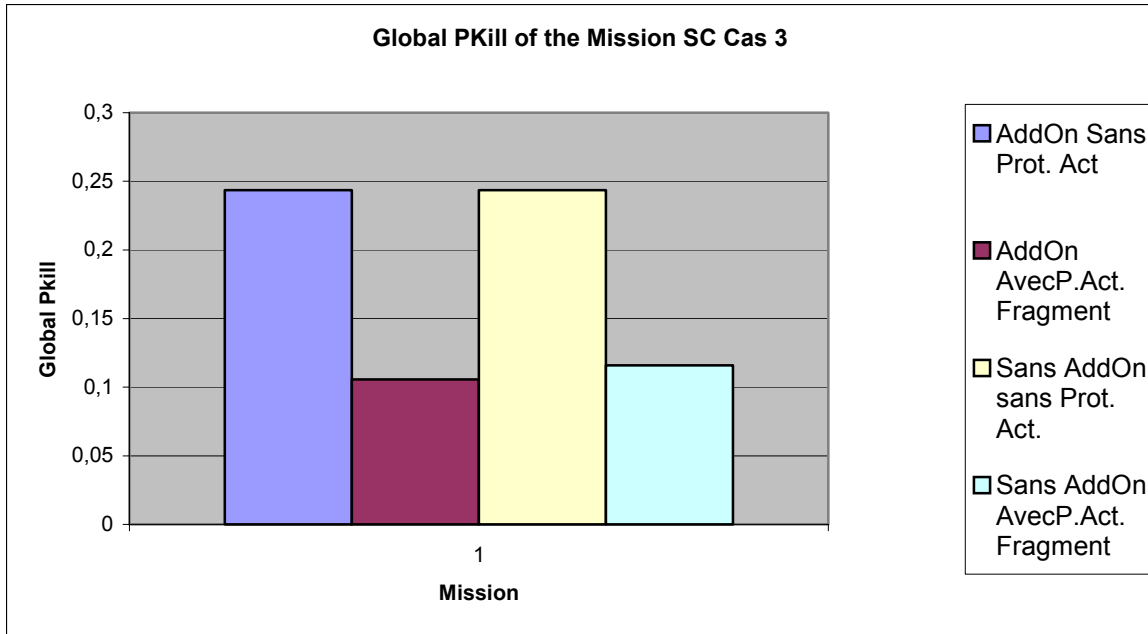
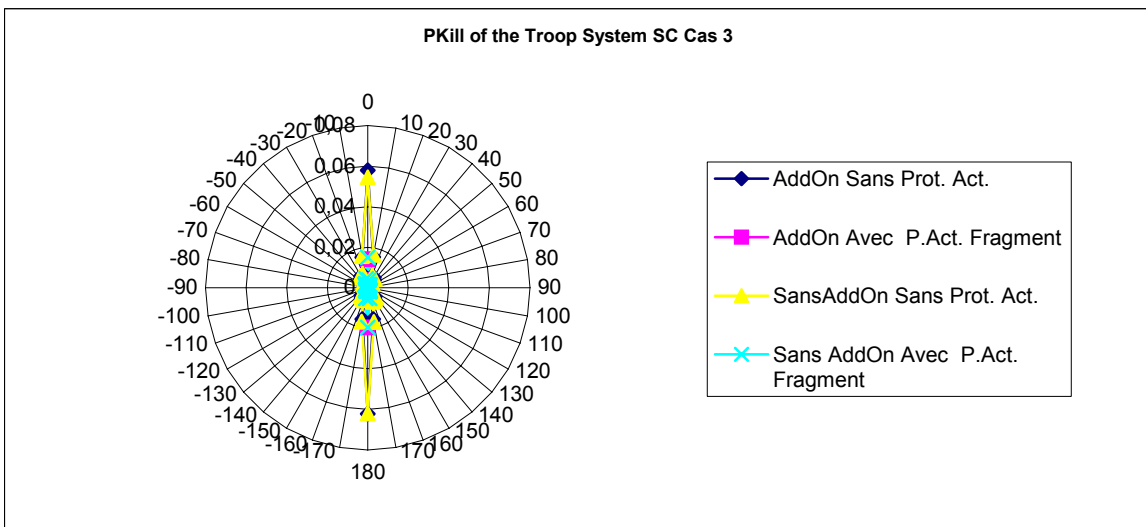
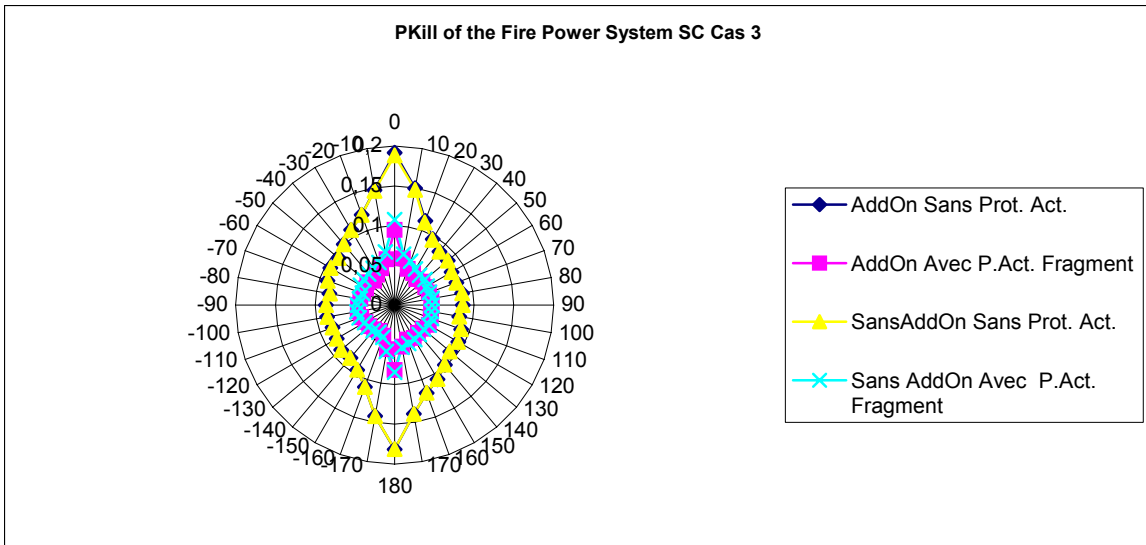
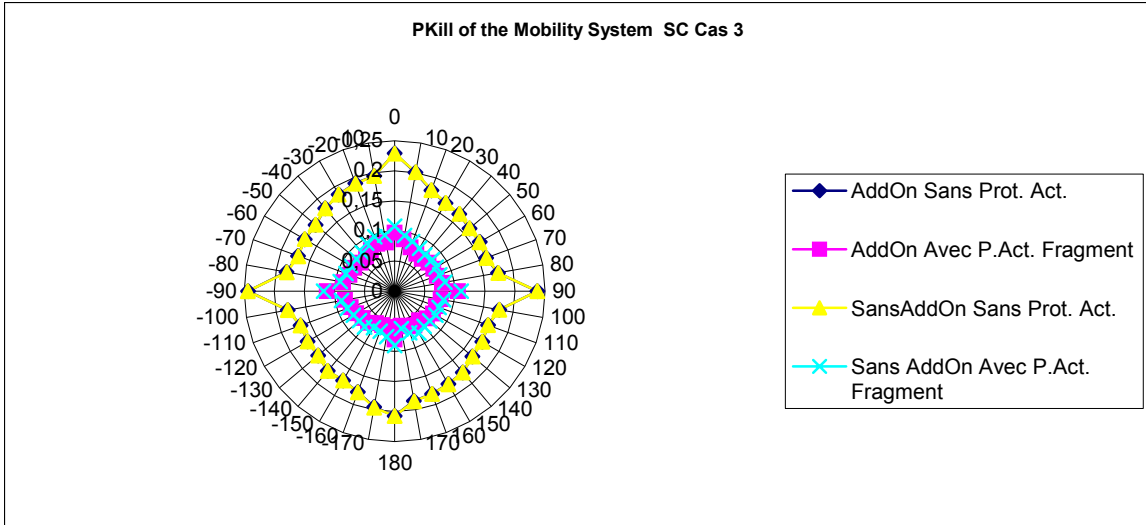


Figure 9: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 3 d’interception d’une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.

UNCLASSIFIED/ SANS CLASSIFICATION



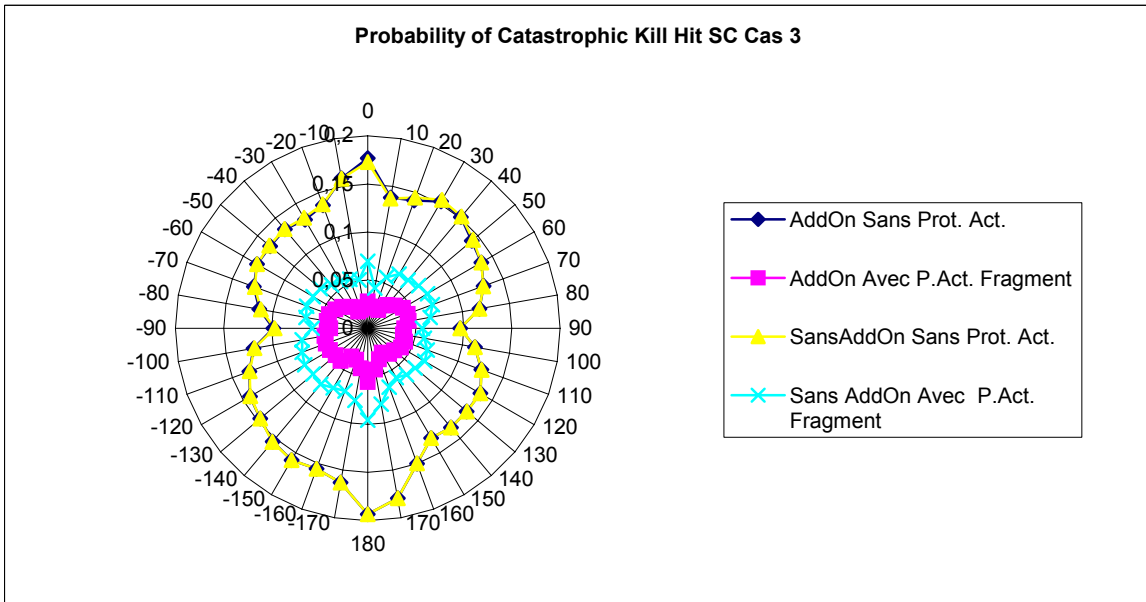
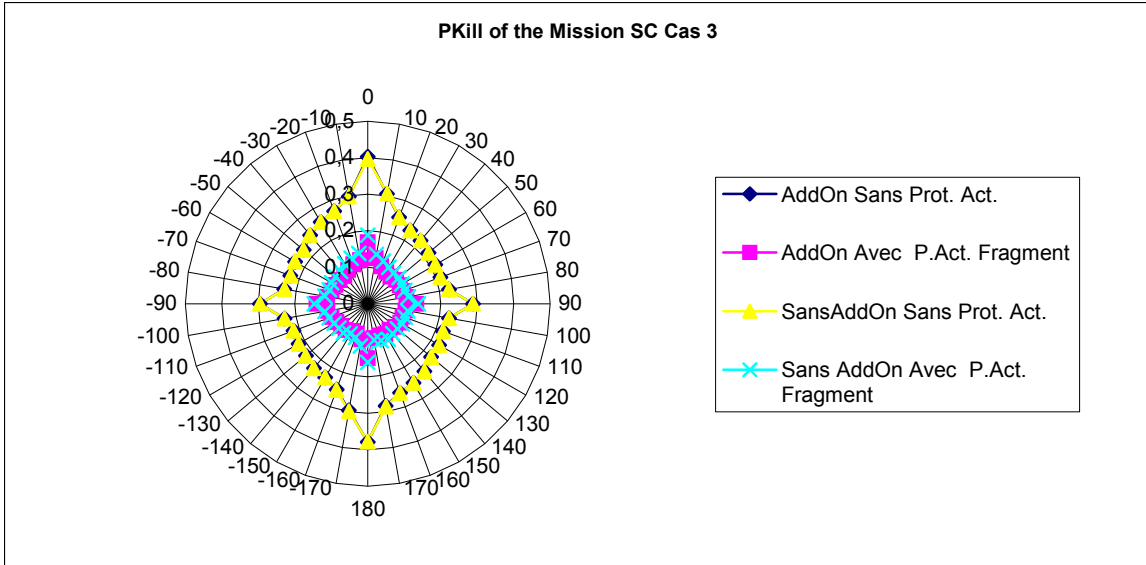
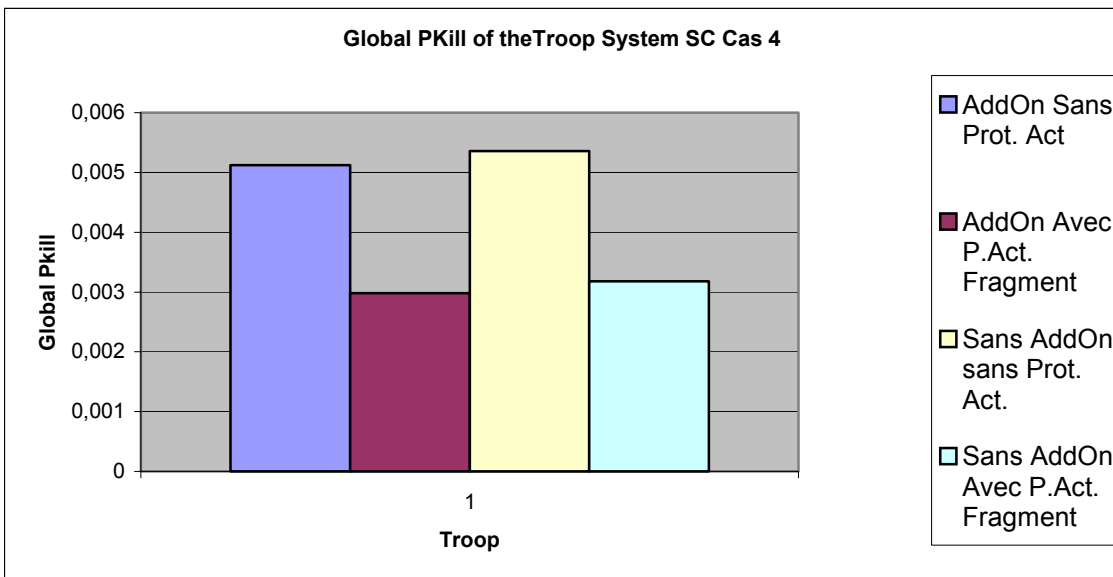
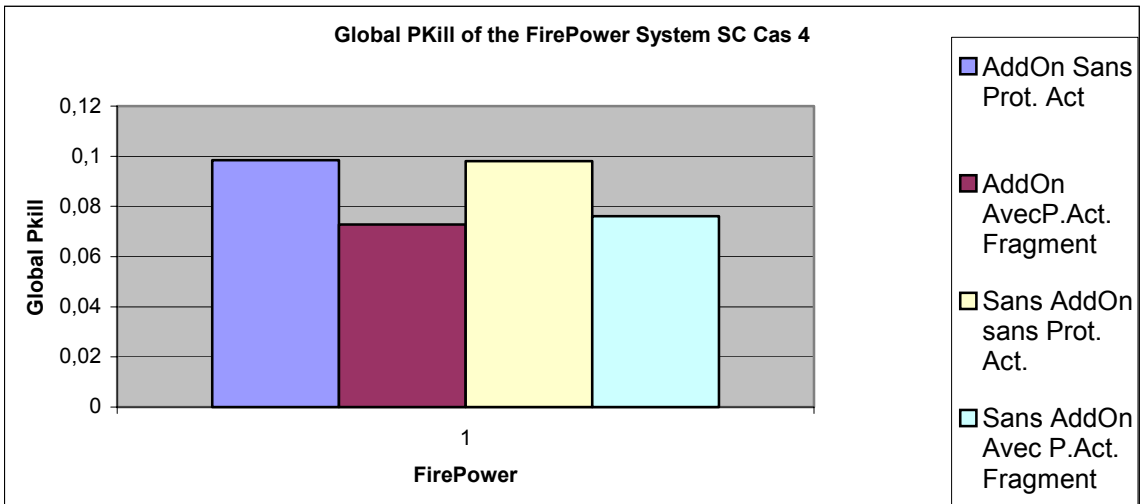
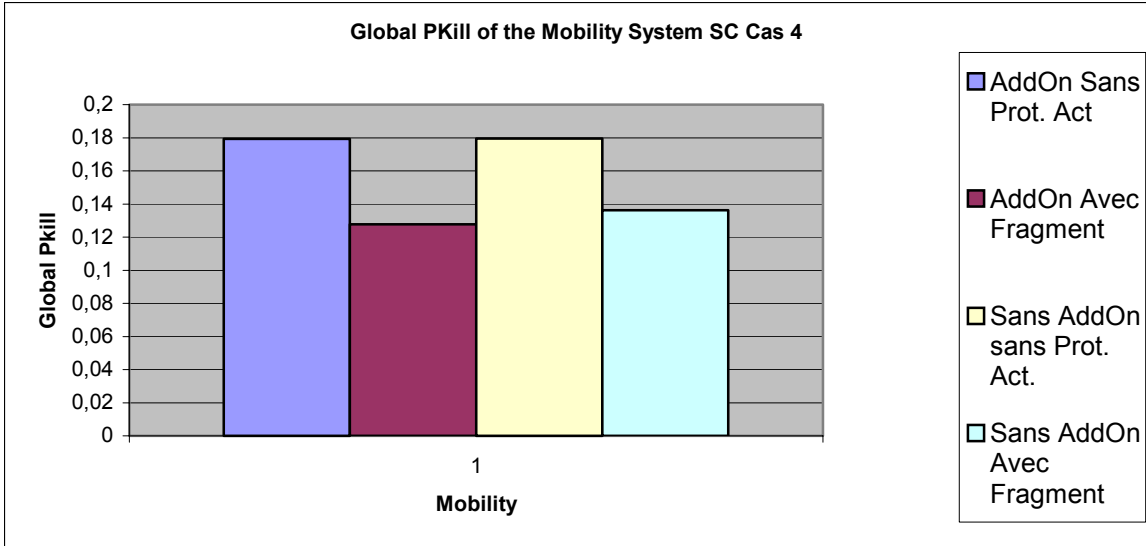


Figure 10: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrément, pour le cas 3 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.



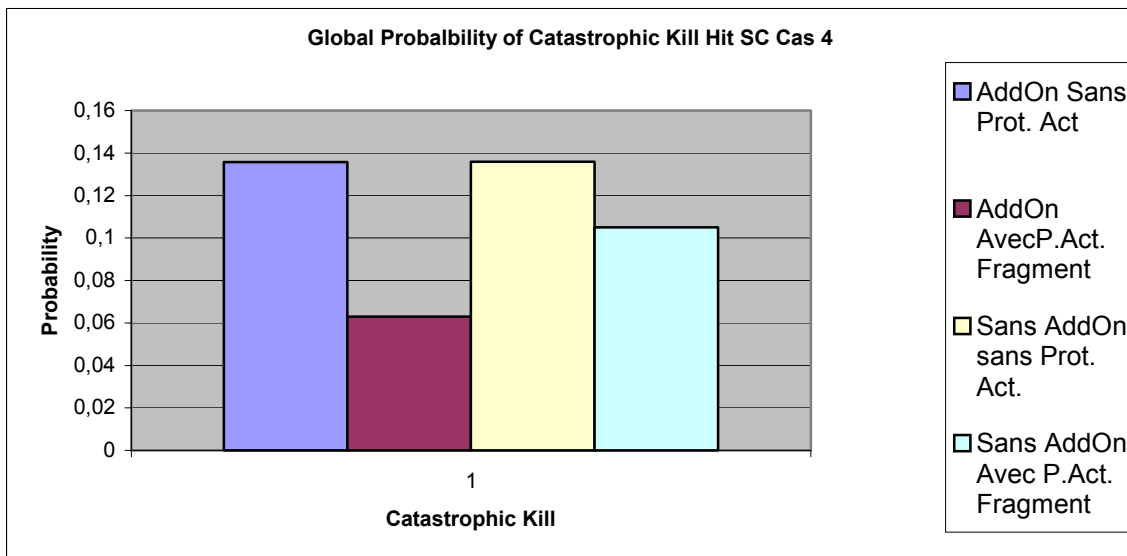
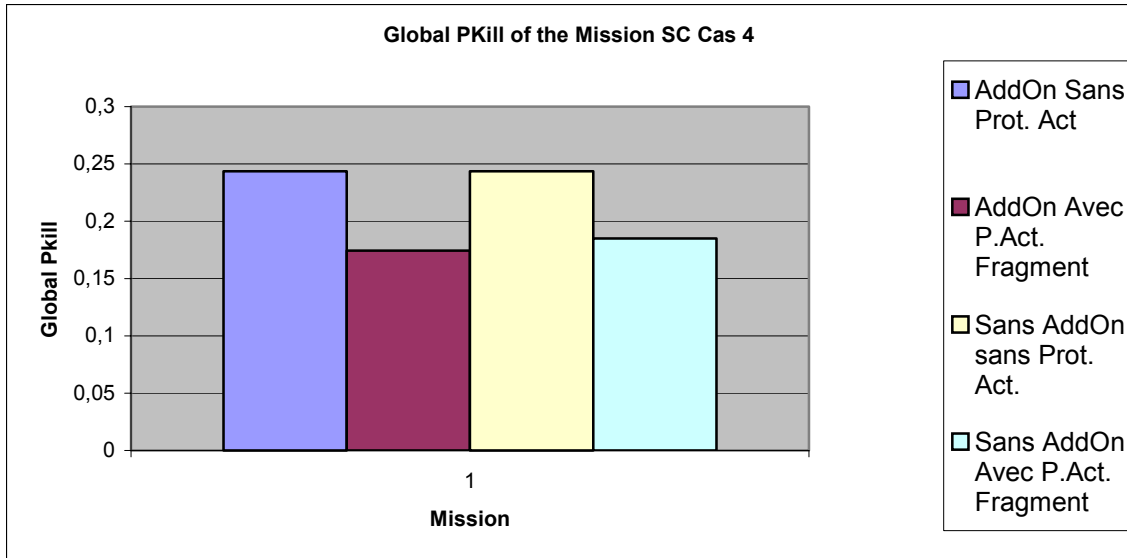
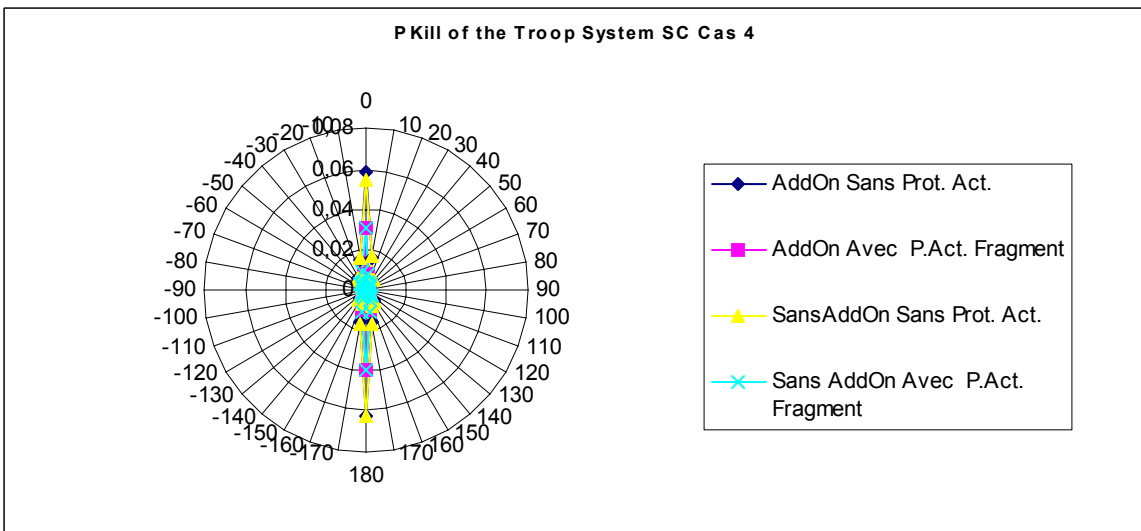
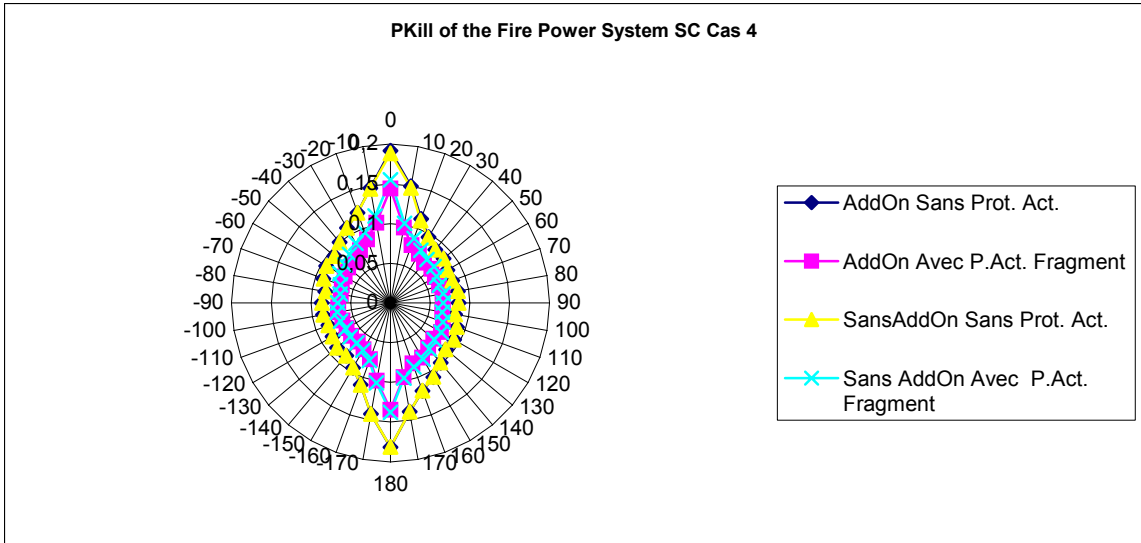
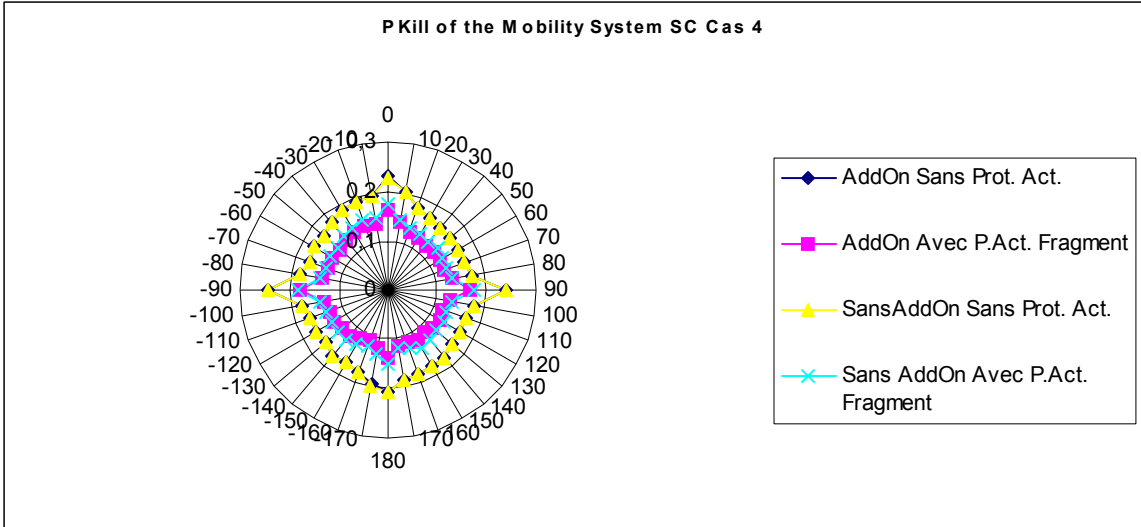


Figure 11: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 4 d’interception d’une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.



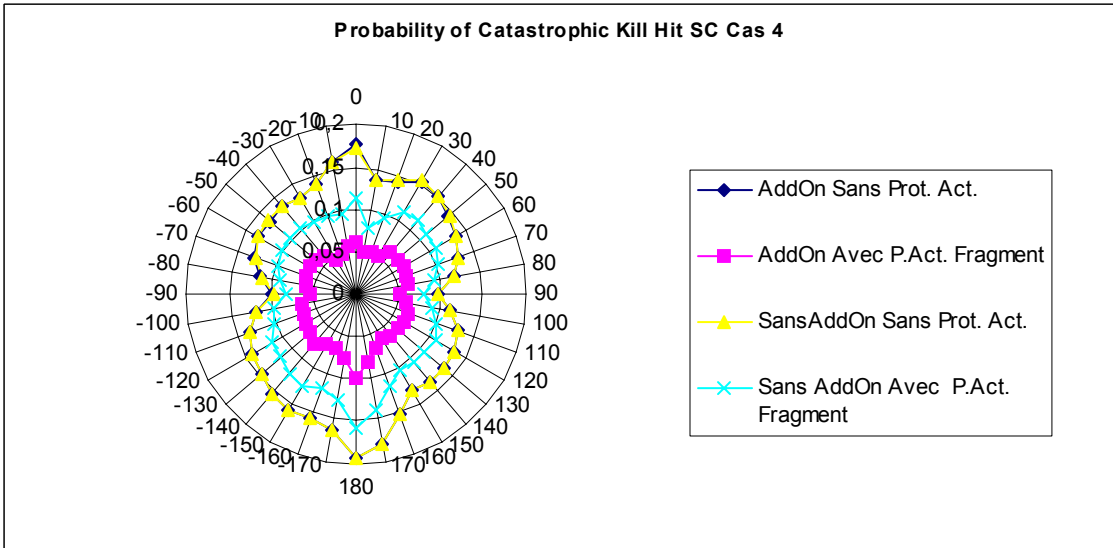
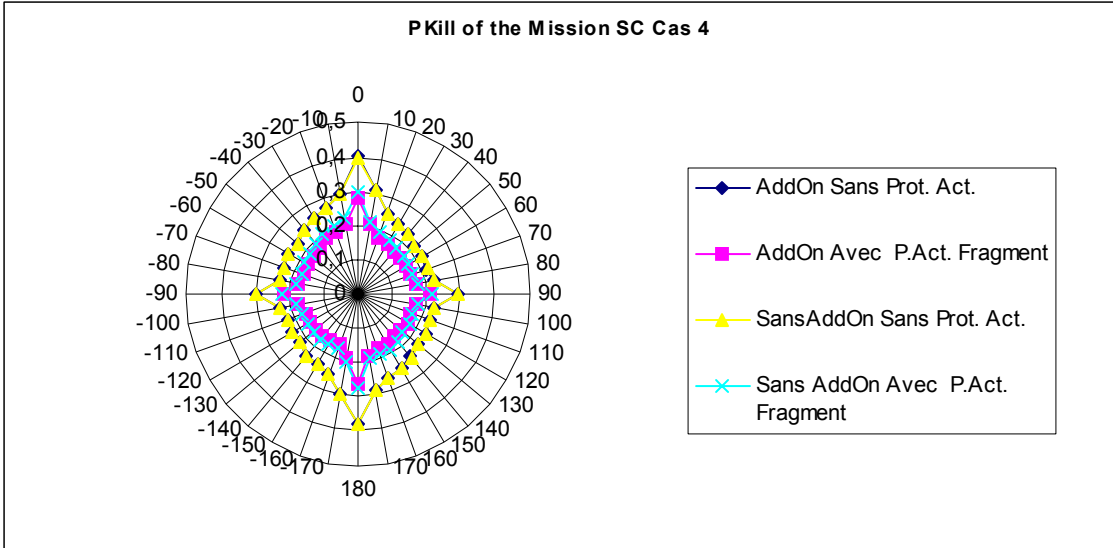
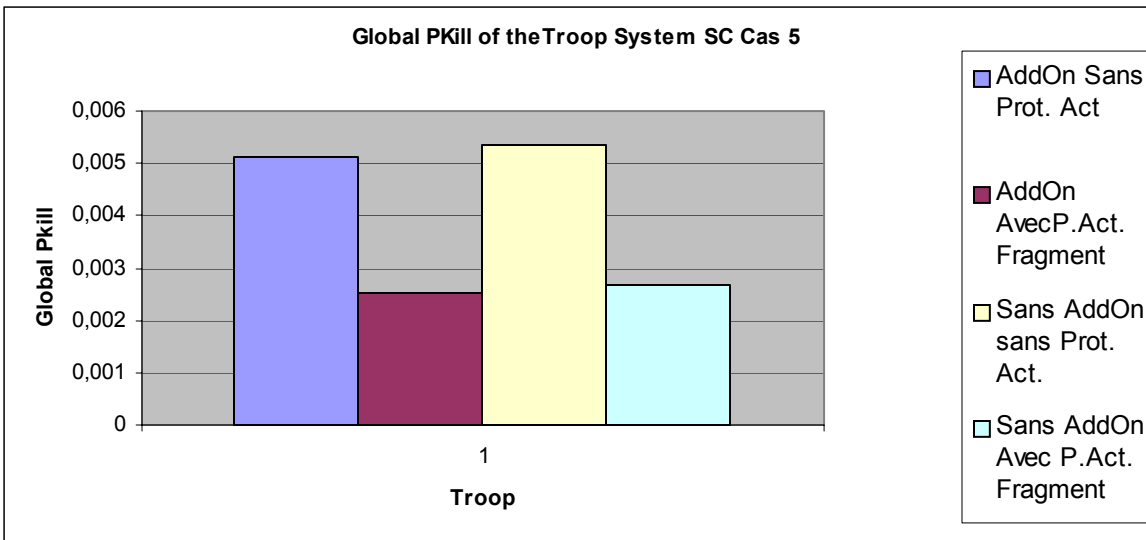
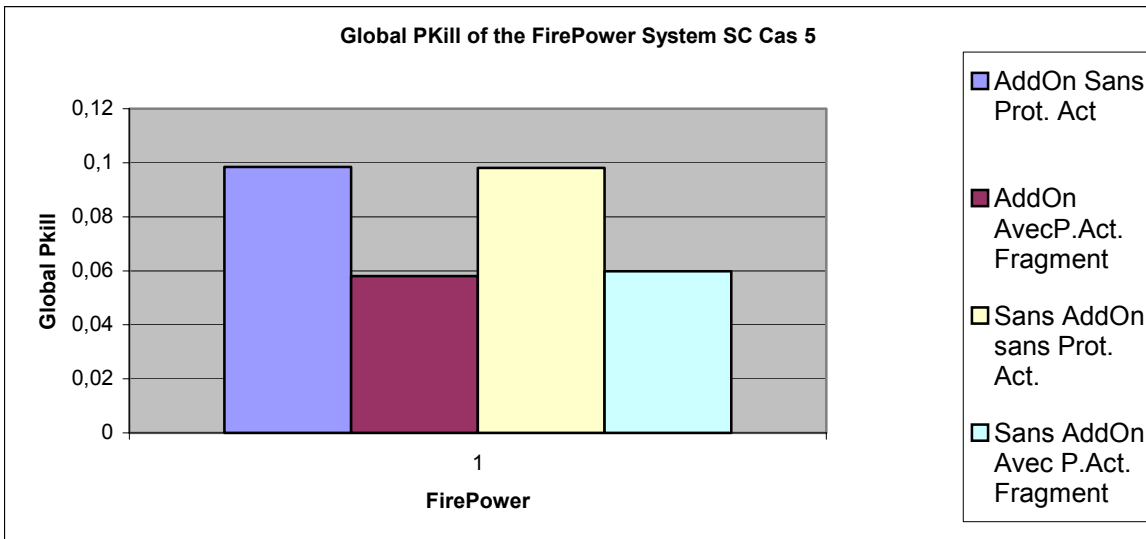
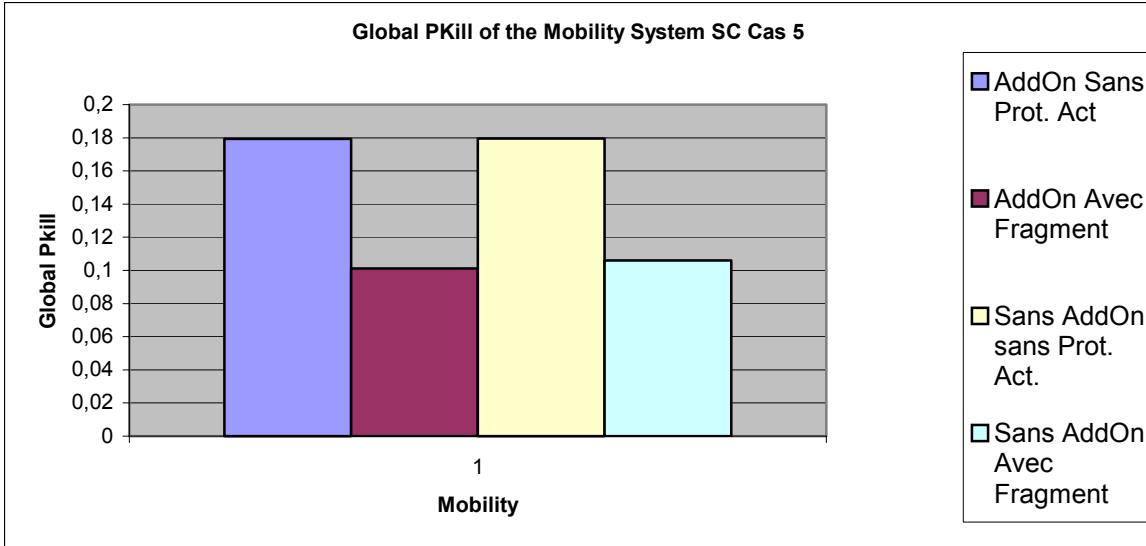


Figure 12: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrément, pour le cas 4 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.





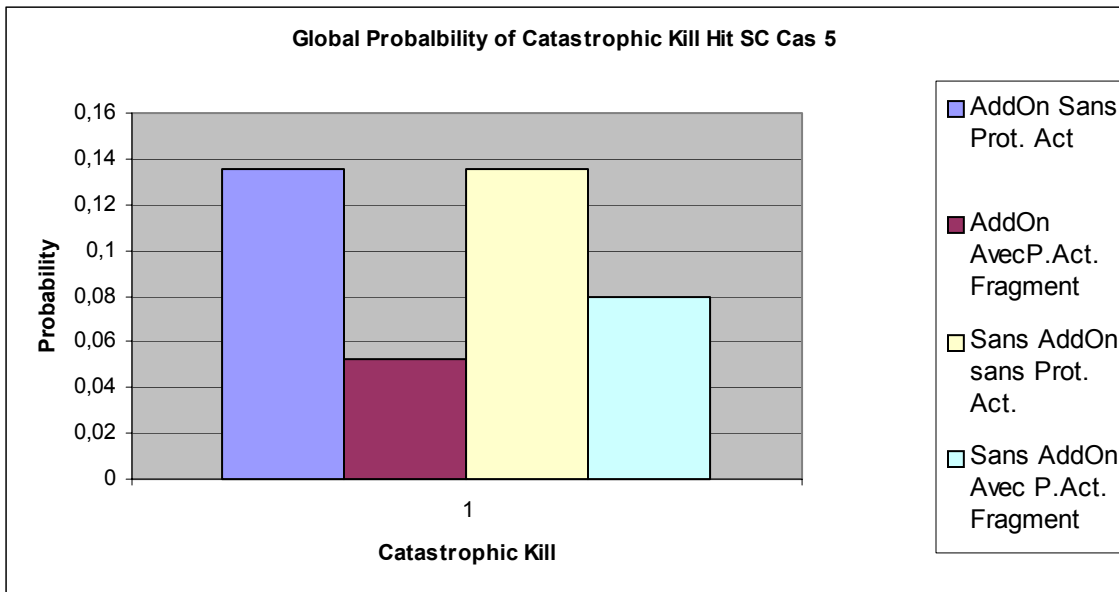
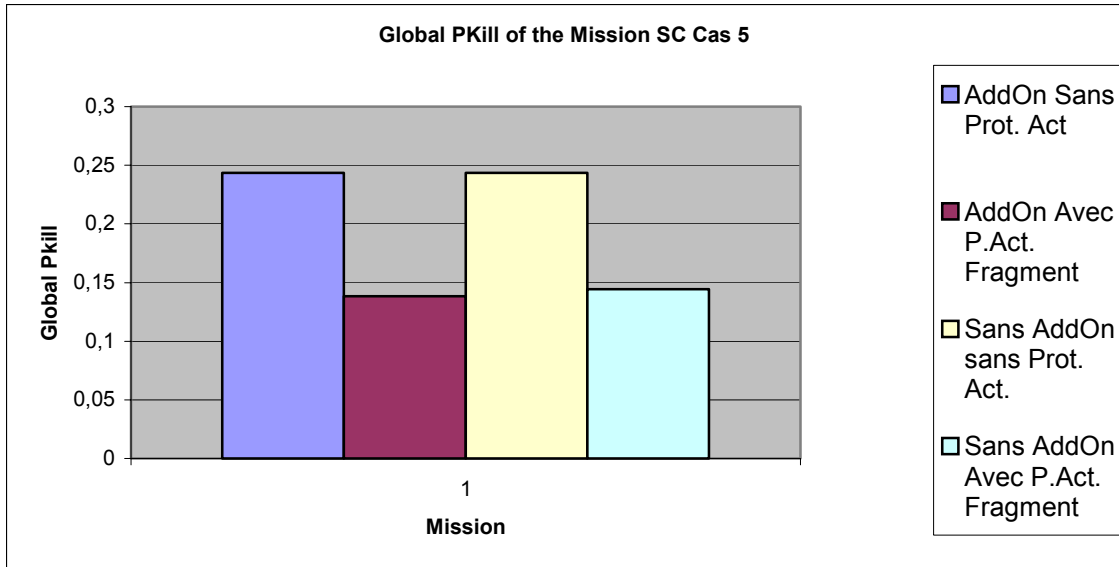
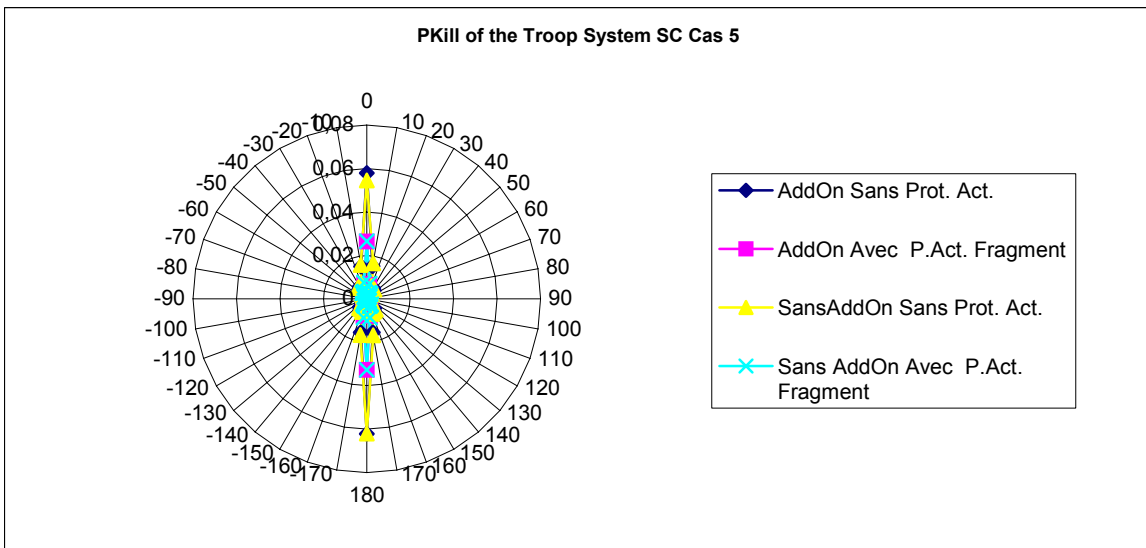
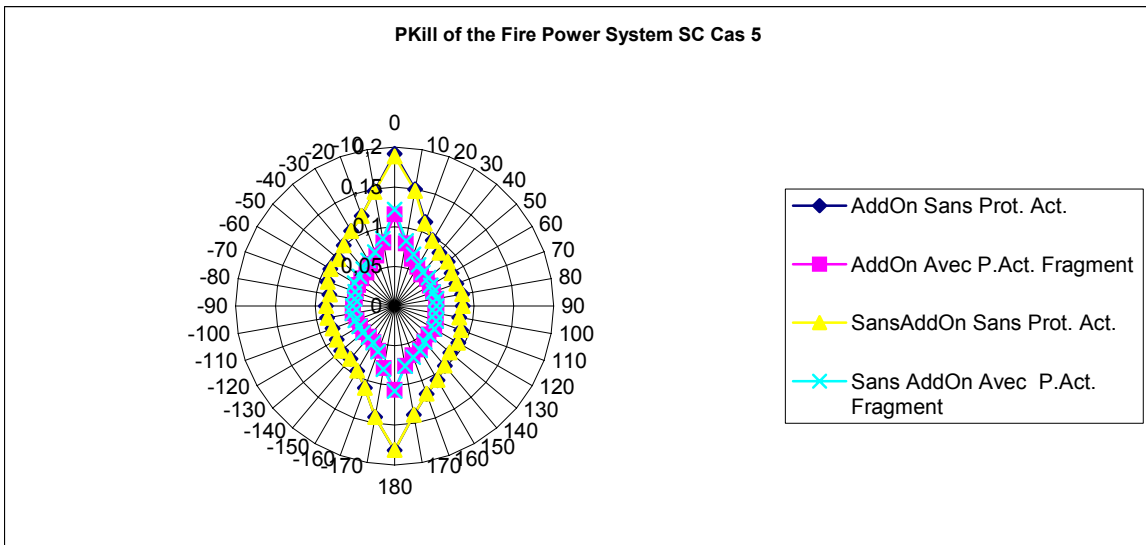
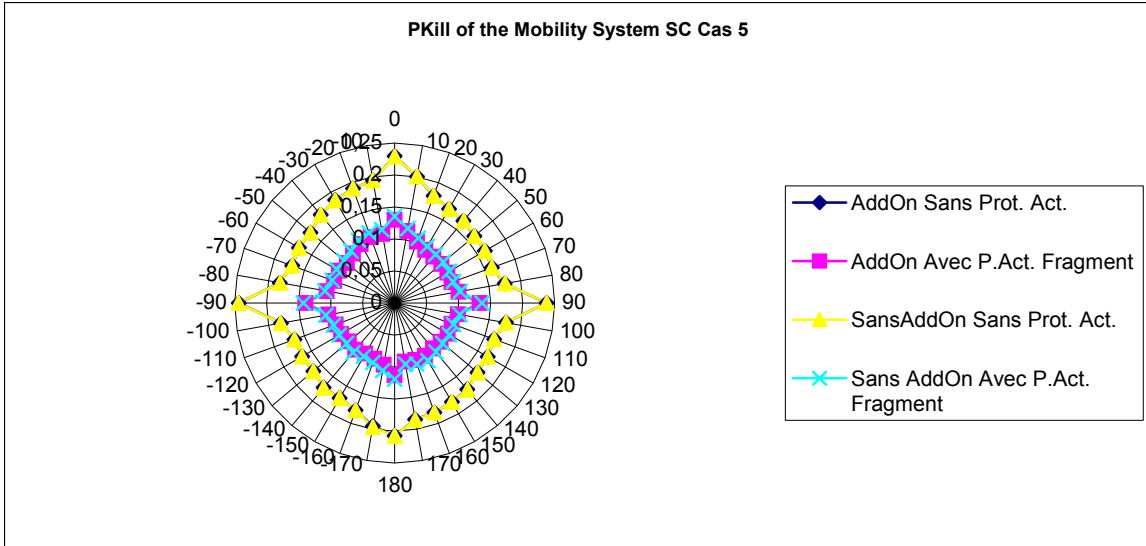


Figure 13: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 5 d’interception d’une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.

UNCLASSIFIED/ SANS CLASSIFICATION



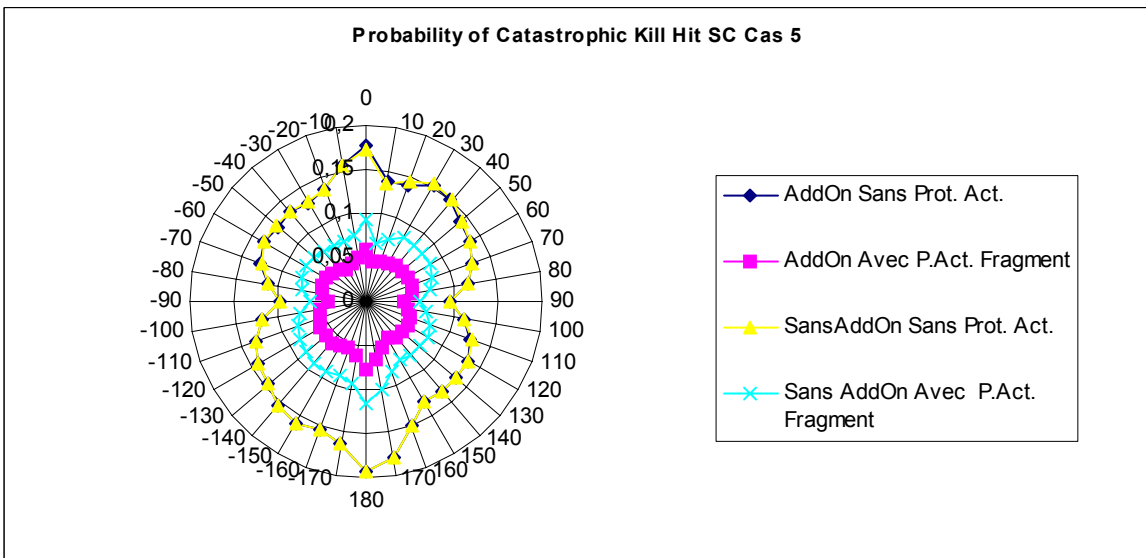
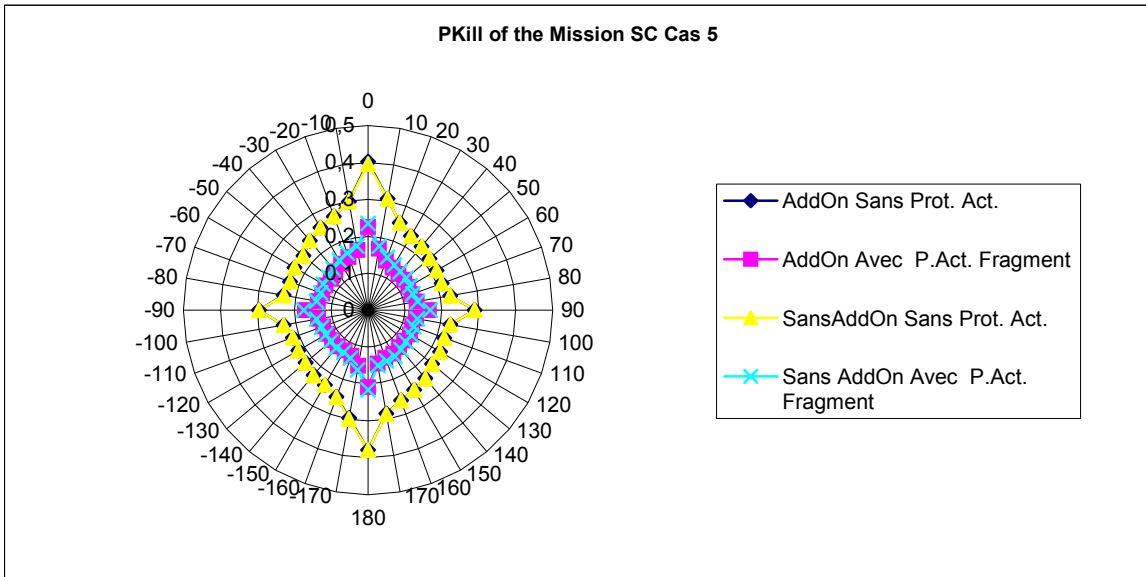
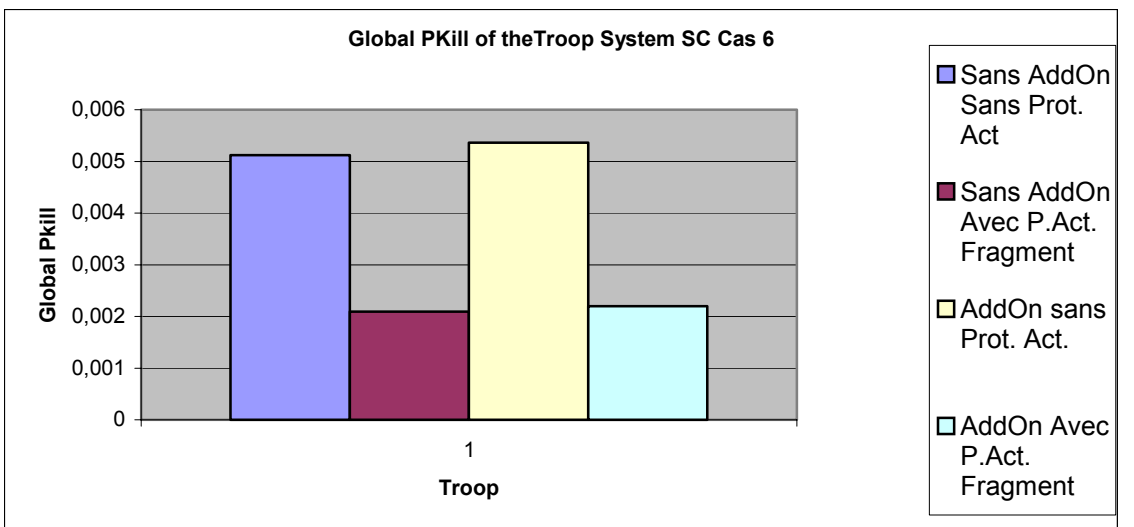
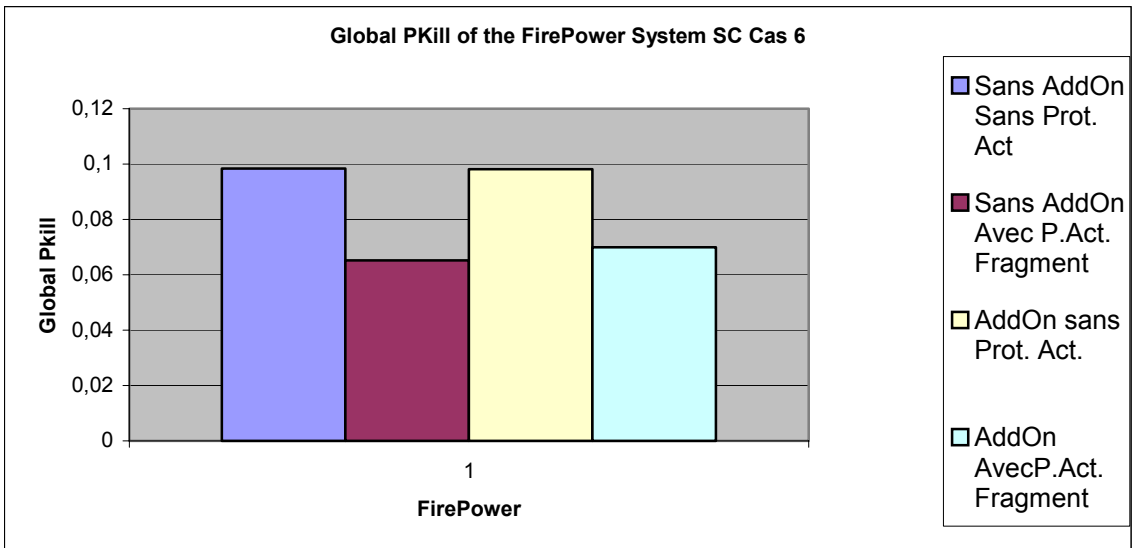
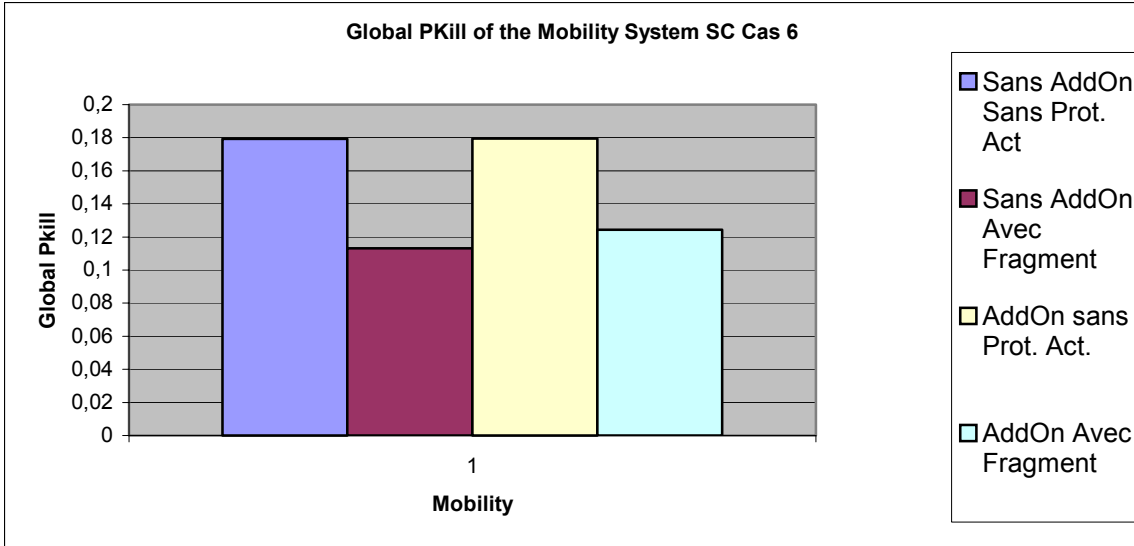


Figure 14: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrémentation, pour le cas 5 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.



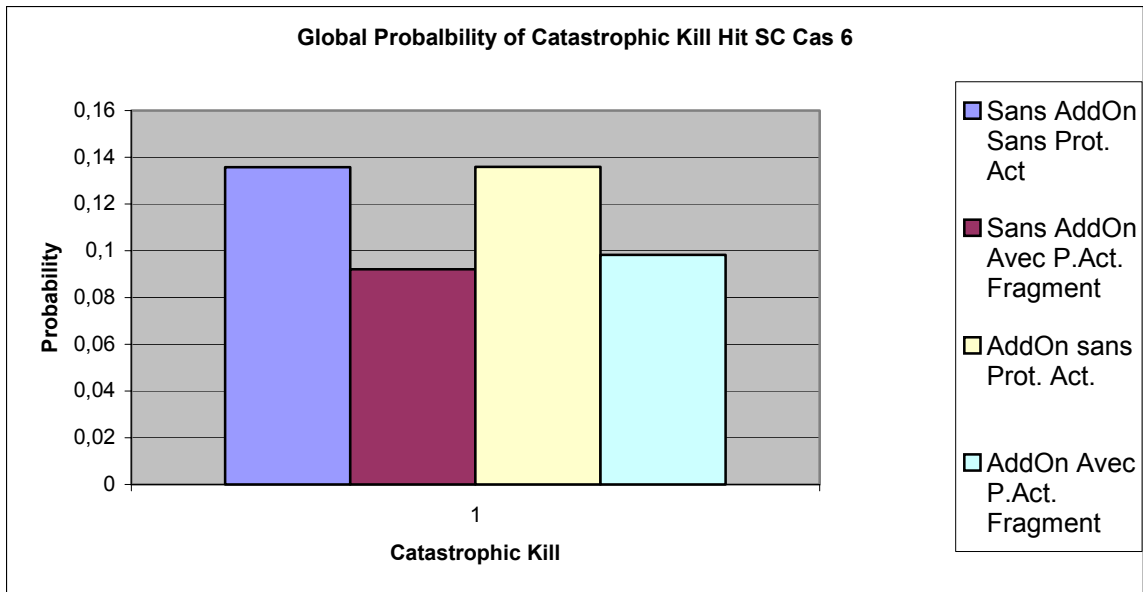
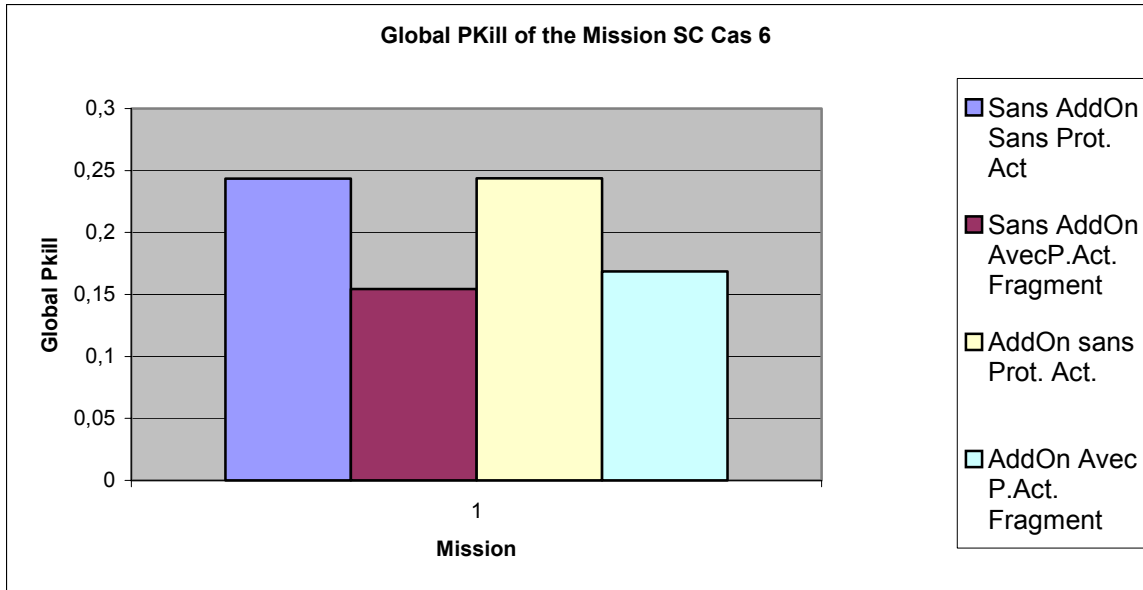
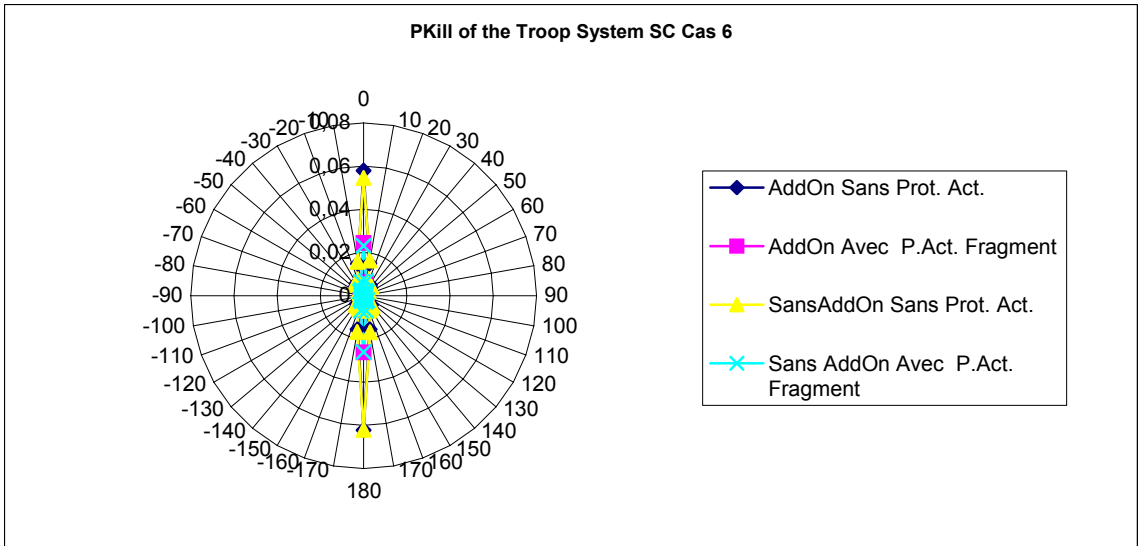
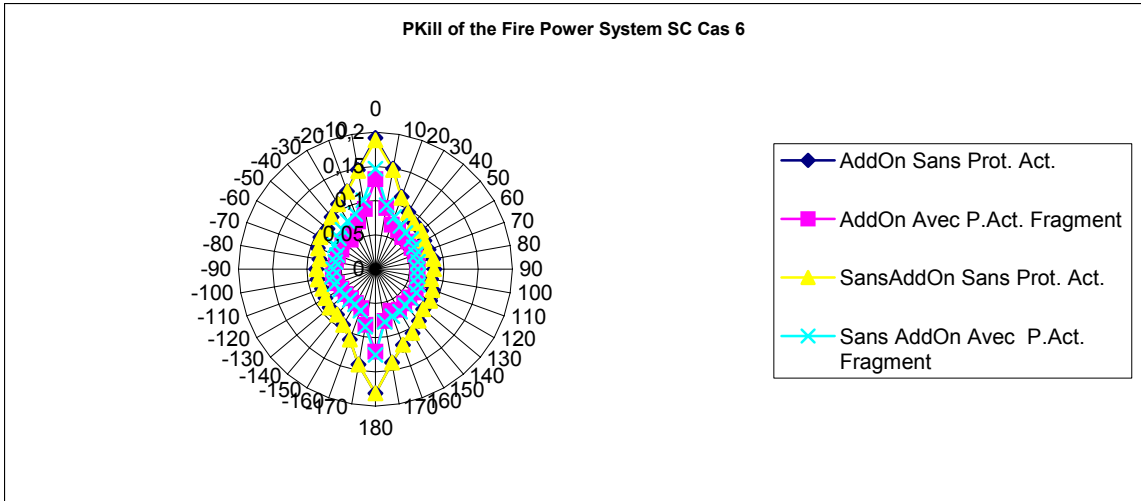
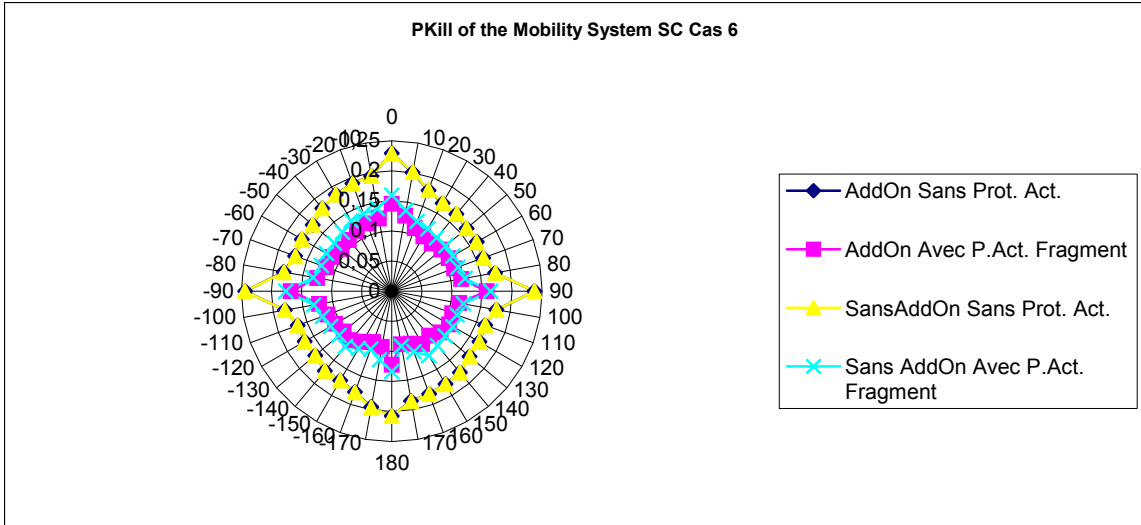


Figure 15: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour le cas 6 d’interception d’une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.

UNCLASSIFIED/ SANS CLASSIFICATION



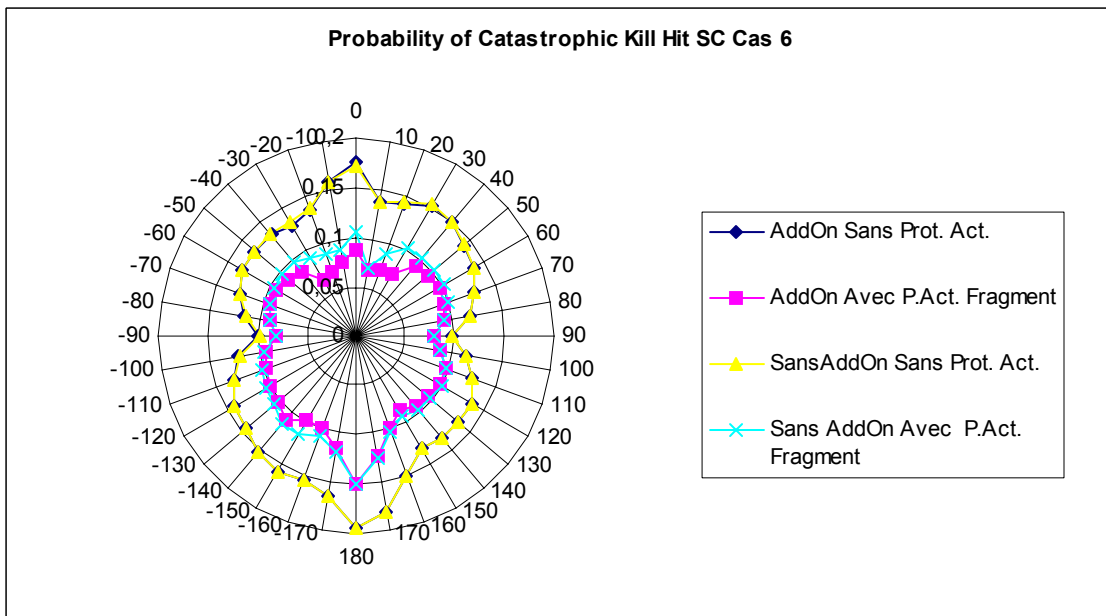
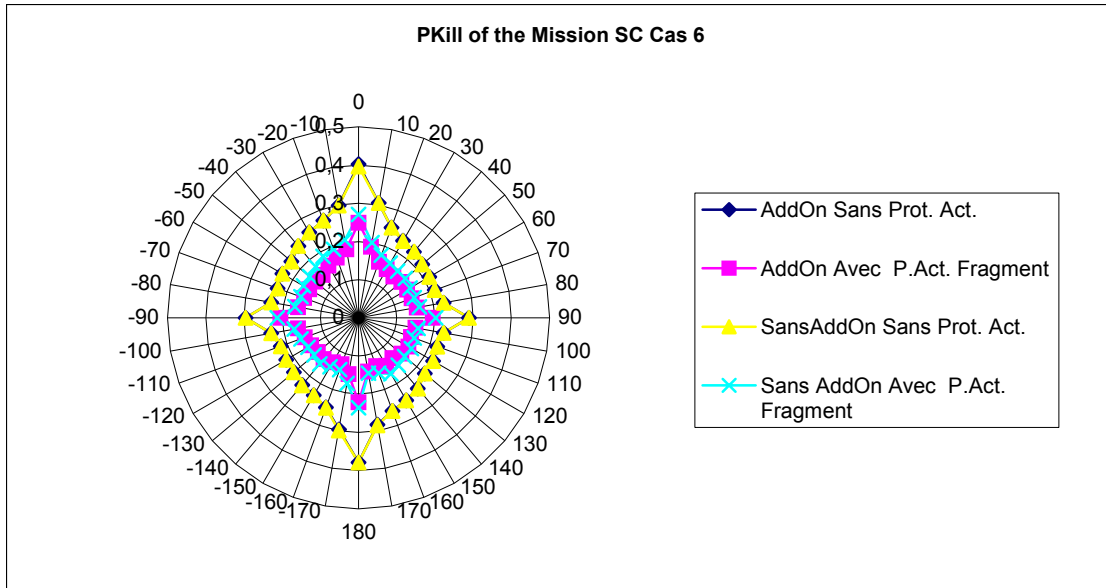
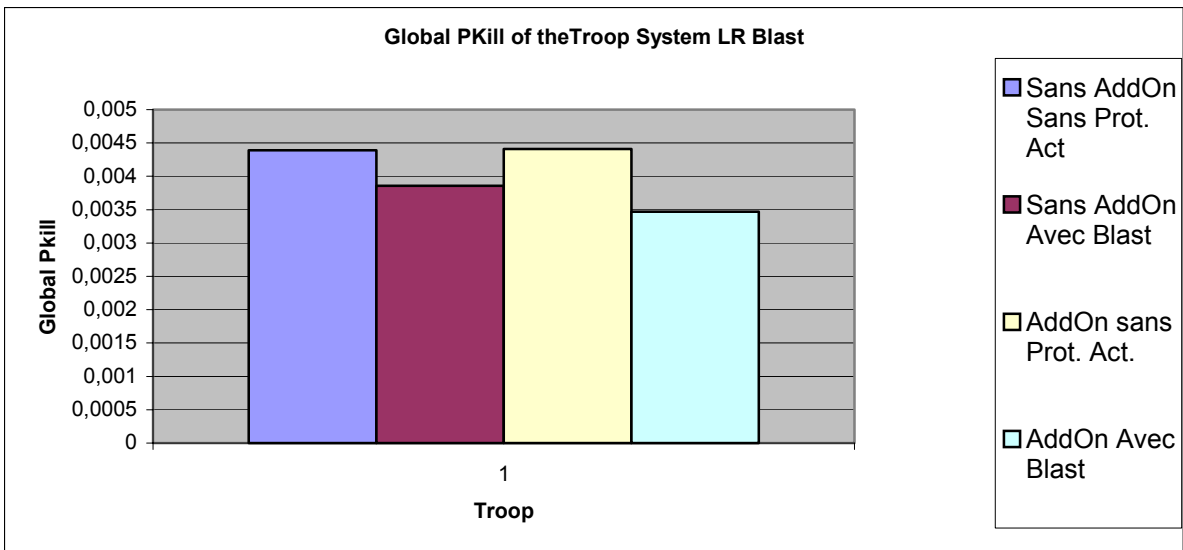
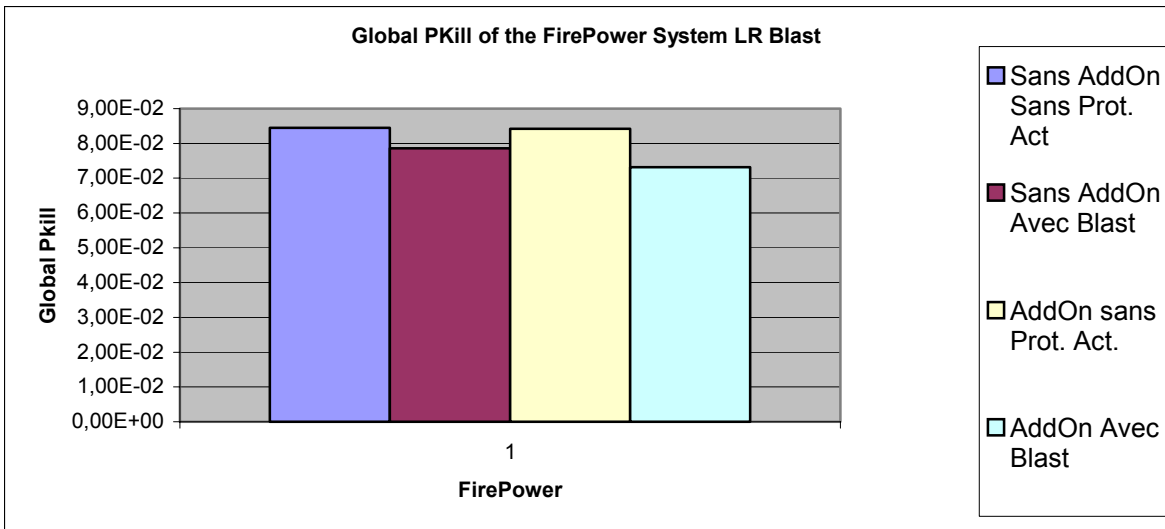
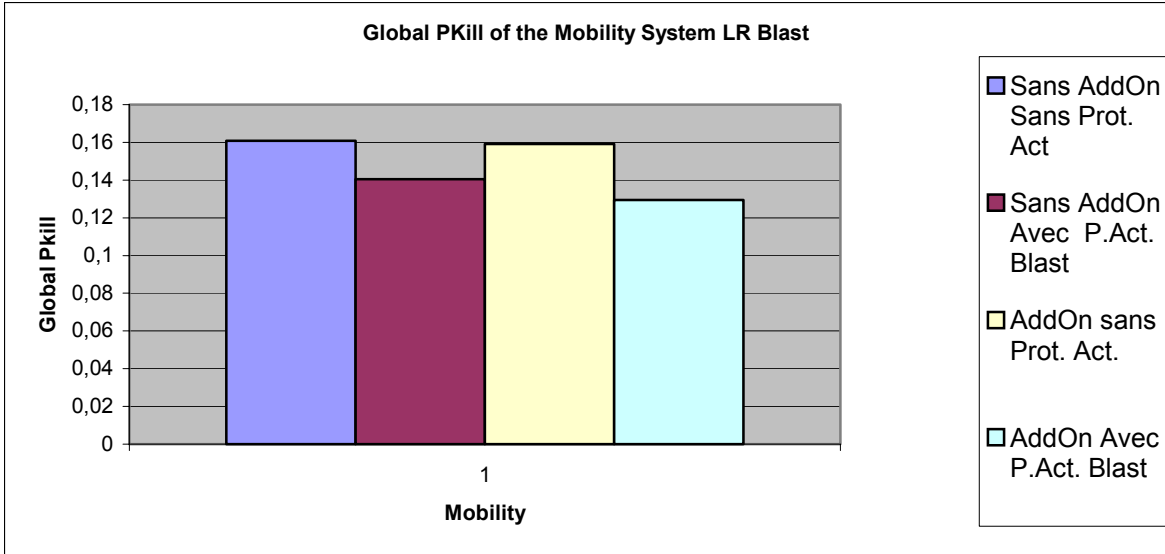


Figure 16: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrément, pour le cas 6 d'interception d'une charge creuse de 85mm par une grenade à fragments.



ANNEXE B.2

**VULNÉRABILITÉ FACE À UNE « LONG ROD » DE 53 CM DE LONG D'UN  
VÉHICULE PROTÉGÉ OU NON PAR ADDON ET/OU PROTECTION ACTIVE  
PAR « BLAST.»**



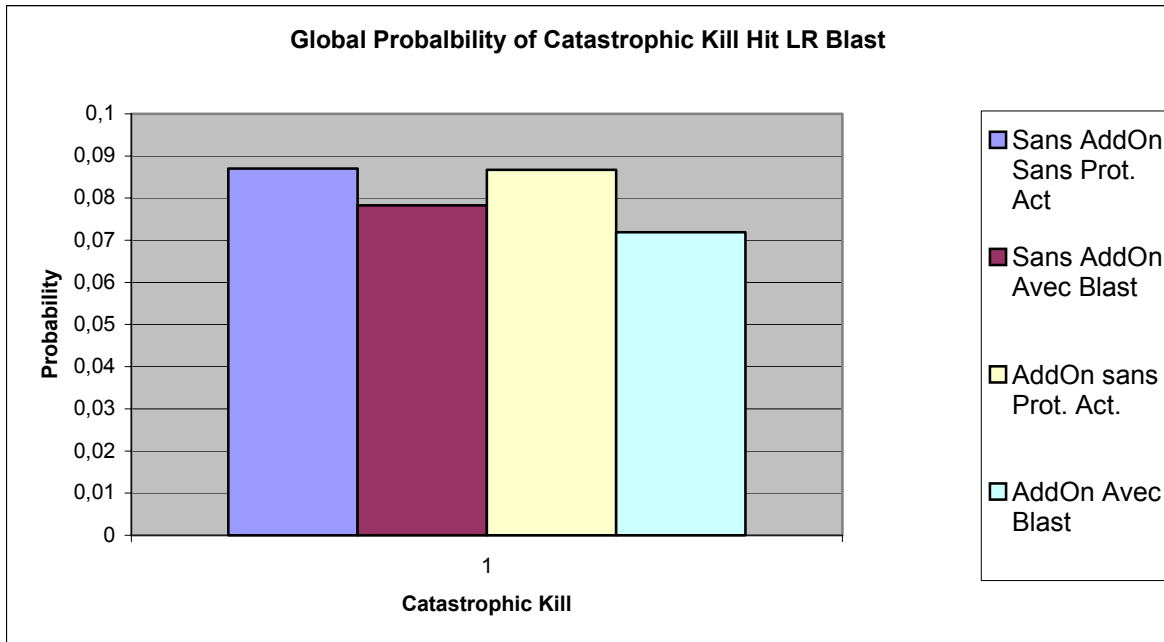
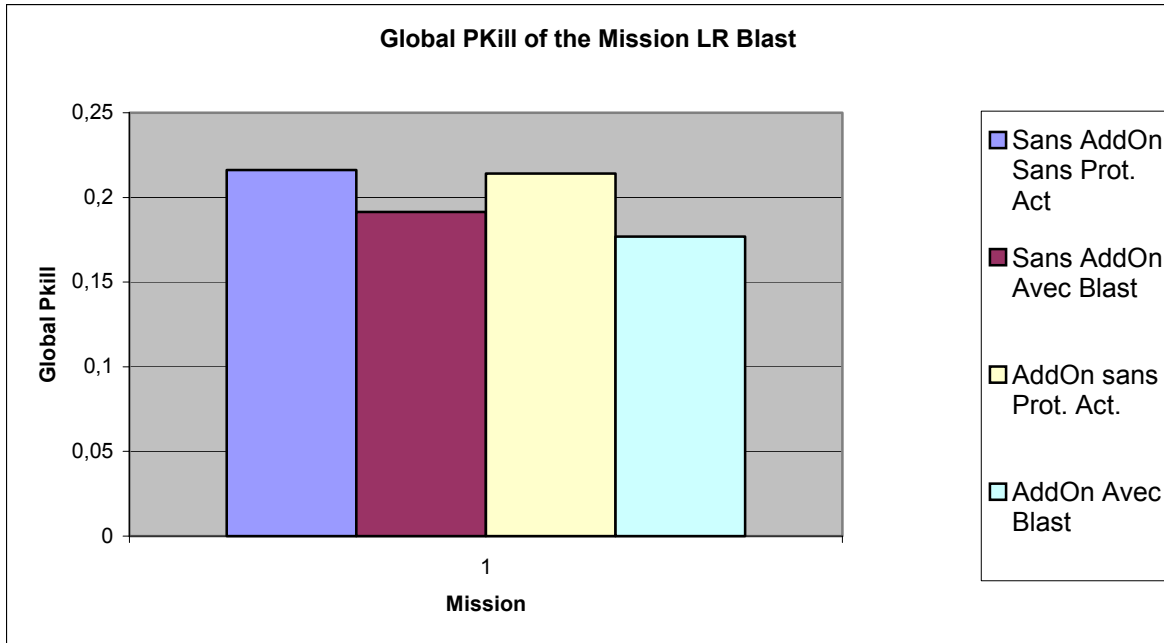
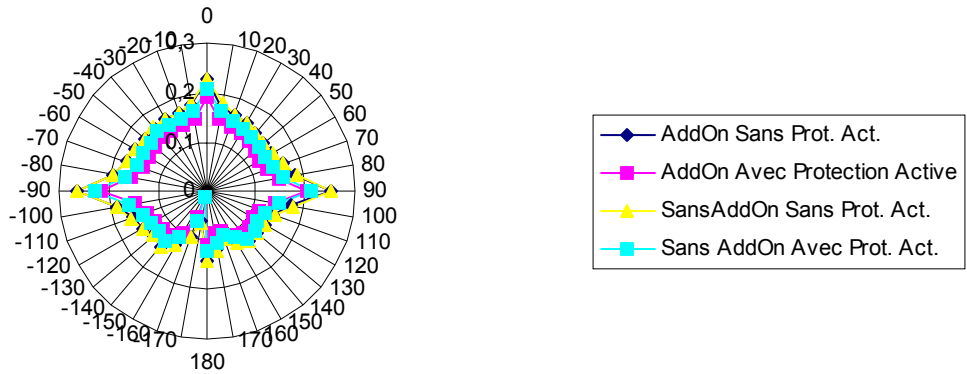
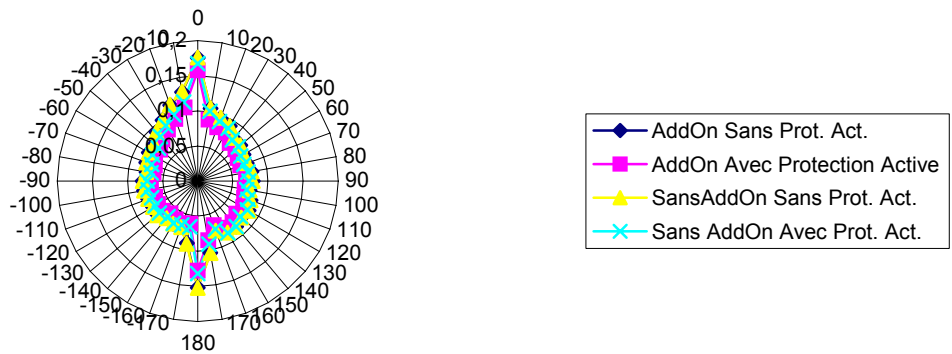


Figure 17: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour l’interception d’une fléchette de 53cm par un explosif à effet de souffle.

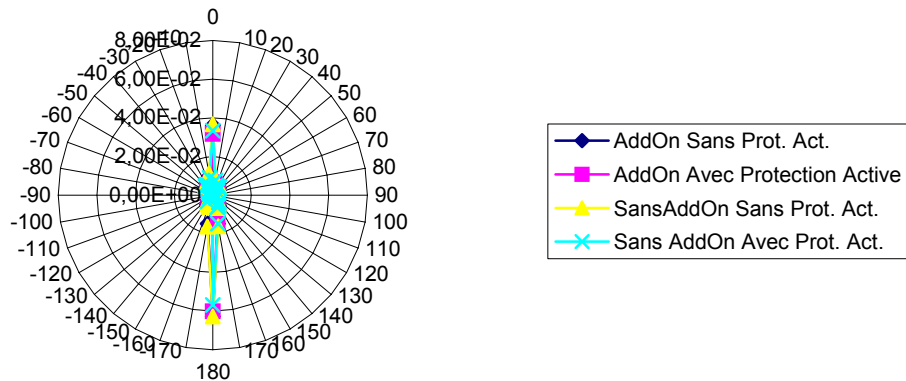
PKill of the Mobility System LR Blast



PKill of the Fire Power System LR Blast



PKill of the Troop System LR Blast



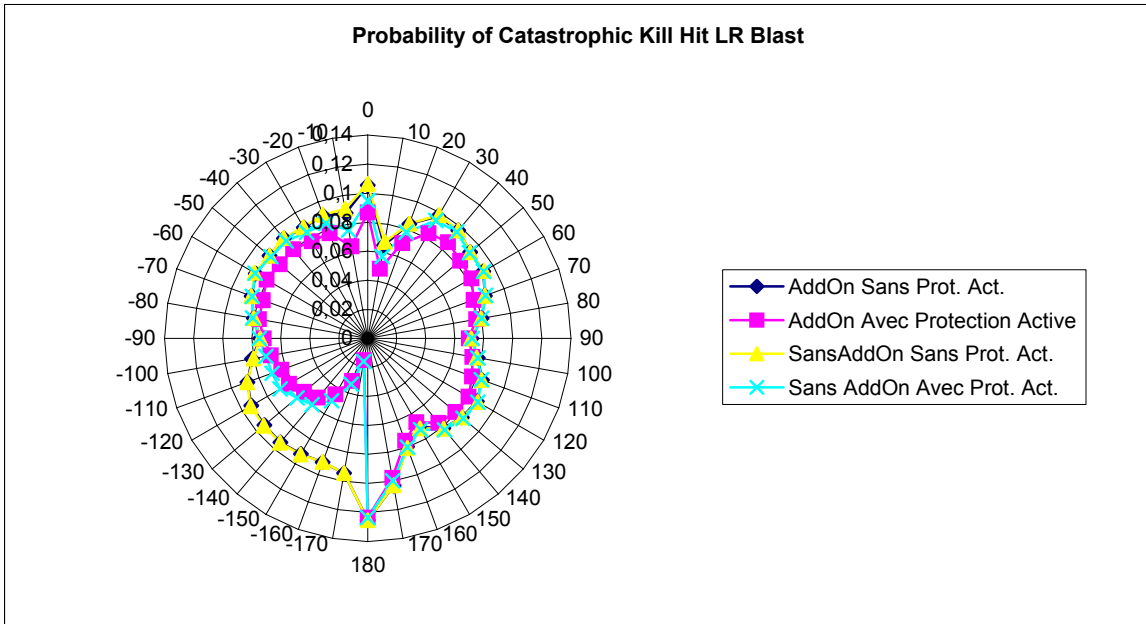
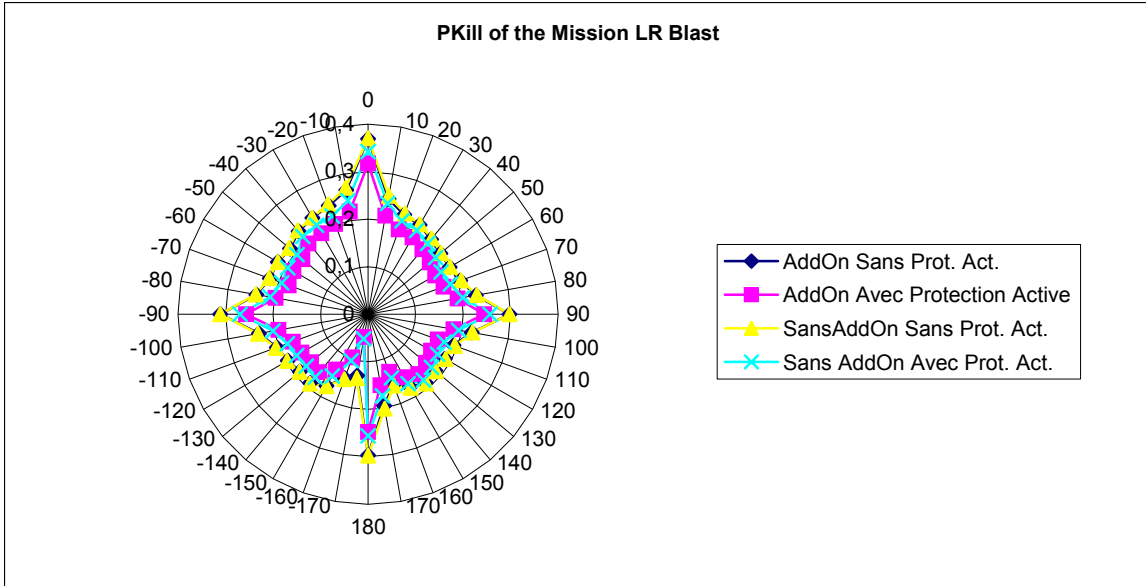
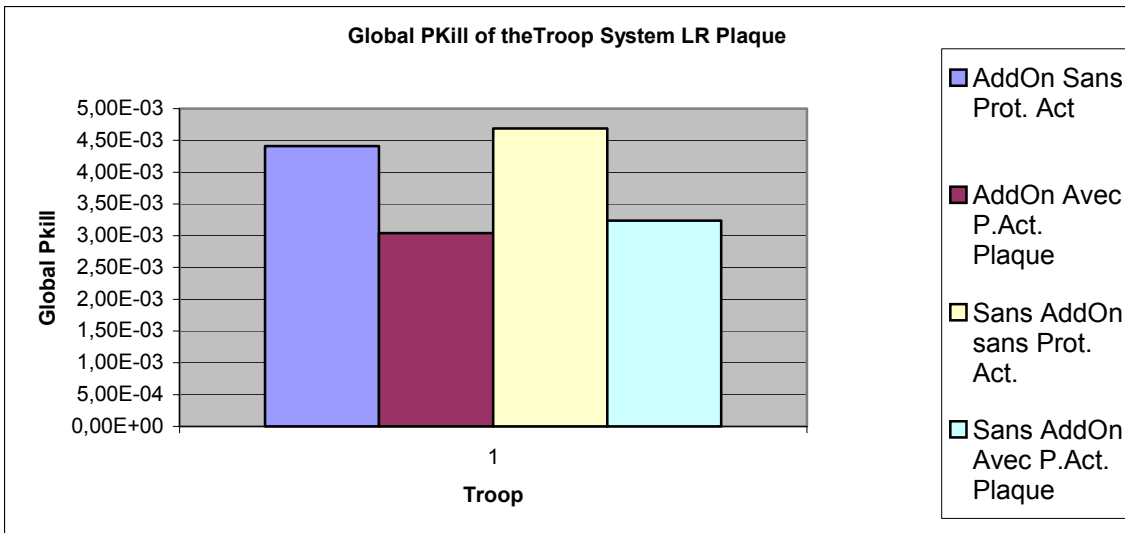
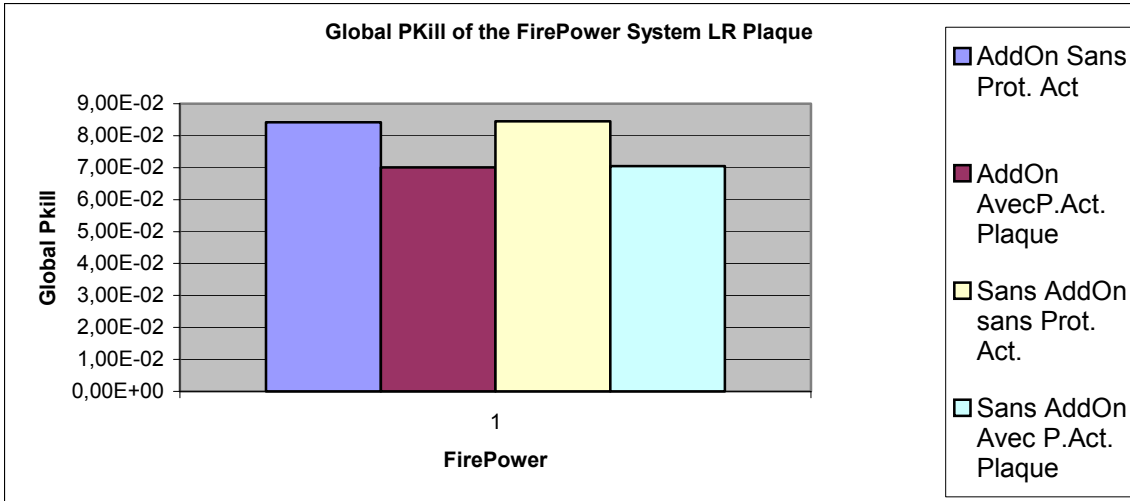
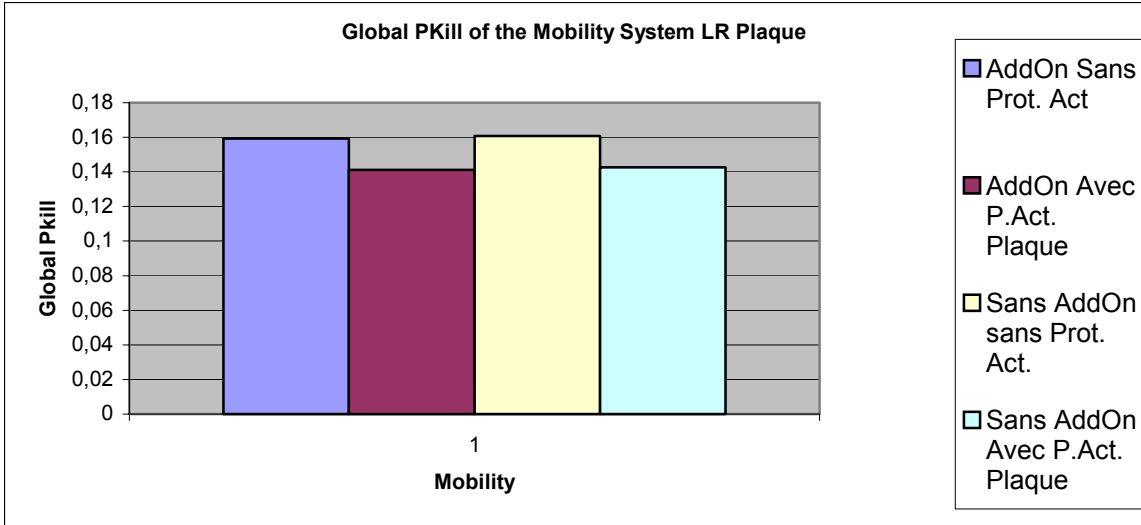


Figure 18: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrément, pour l'interception d'une fléchette de 53cm par un explosif à effet de souffle.

## **ANNEXE B.3**

**VULNÉRABILITÉ FACE À UNE « ROD » DE 30MM DE LONG D'UN  
VÉHICULE PROTÉGÉ OU NON PAR APPLIQUÉ ET/OU PROTECTION  
ACTIVE PAR PLAQUES LANCÉES.**



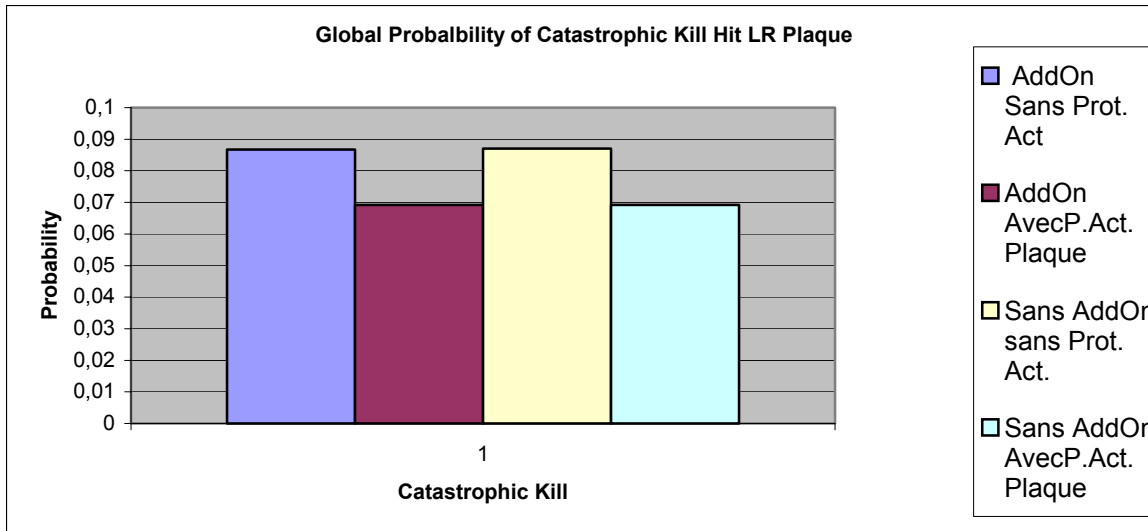
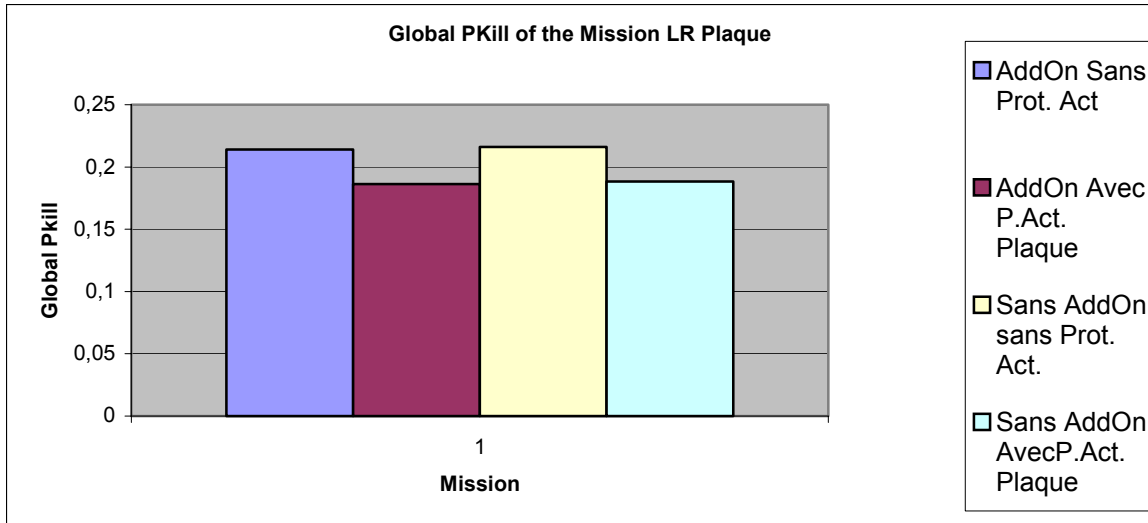
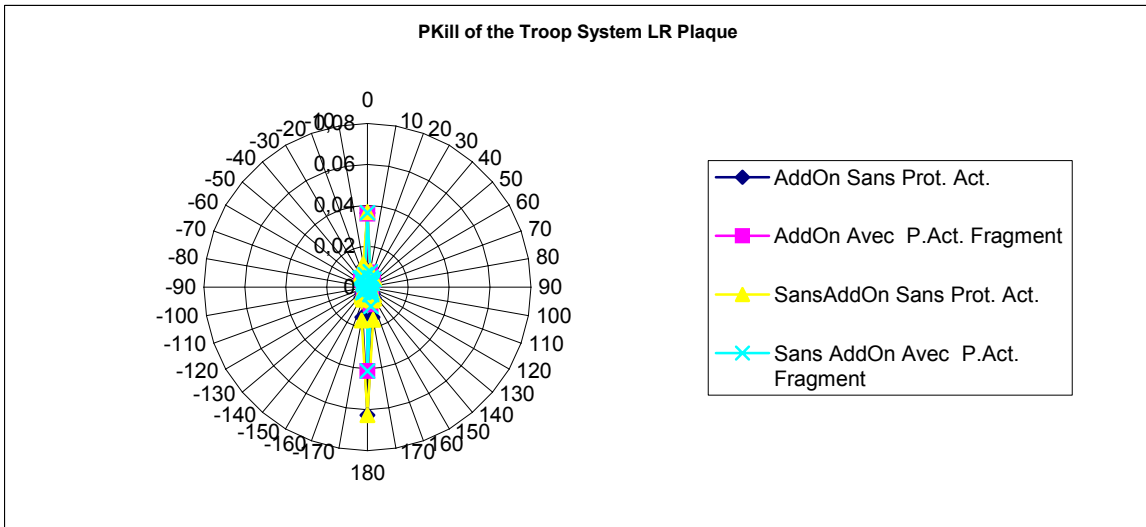
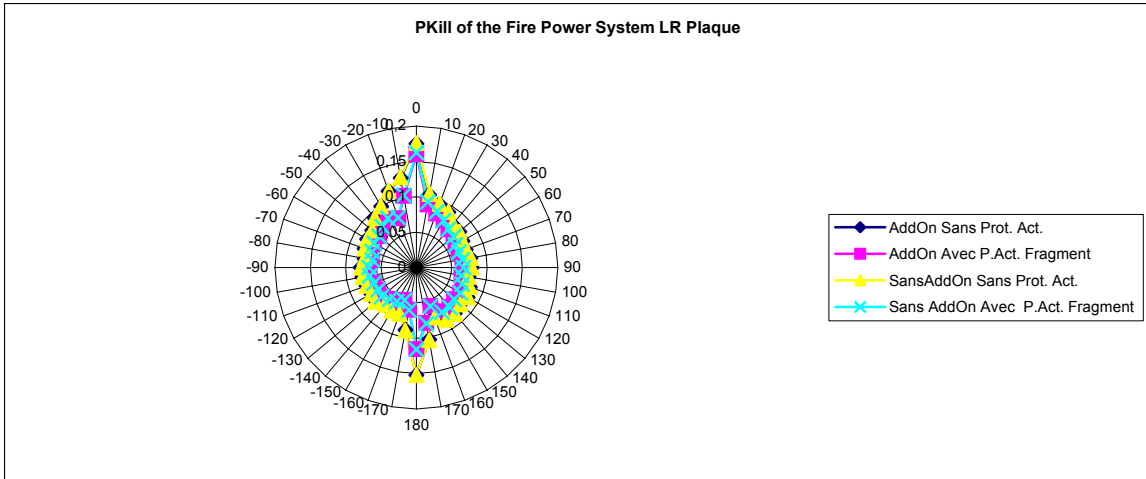
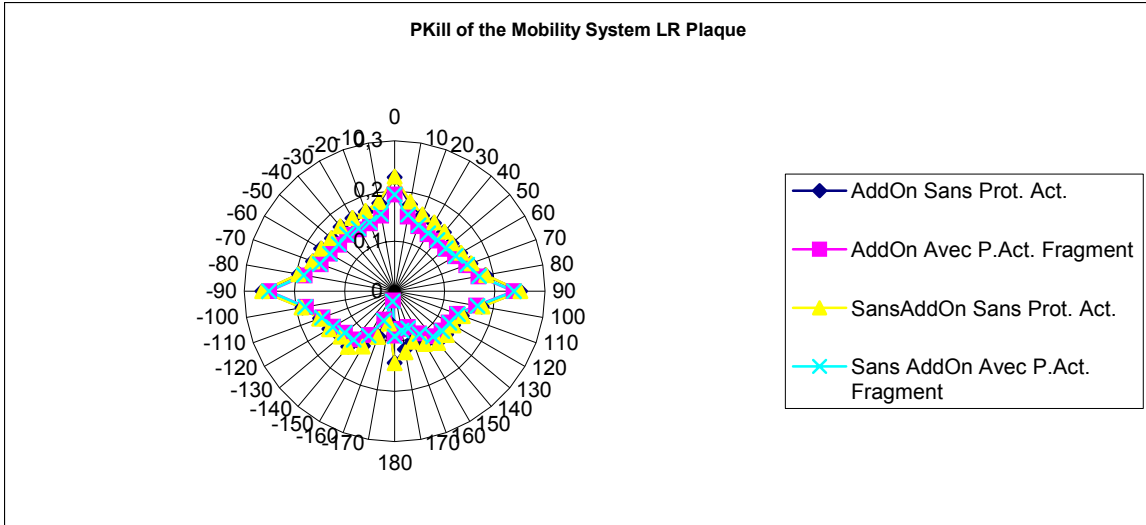


Figure 19: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour l’interception d’une fléchette de 53cm par une plaque lancée.





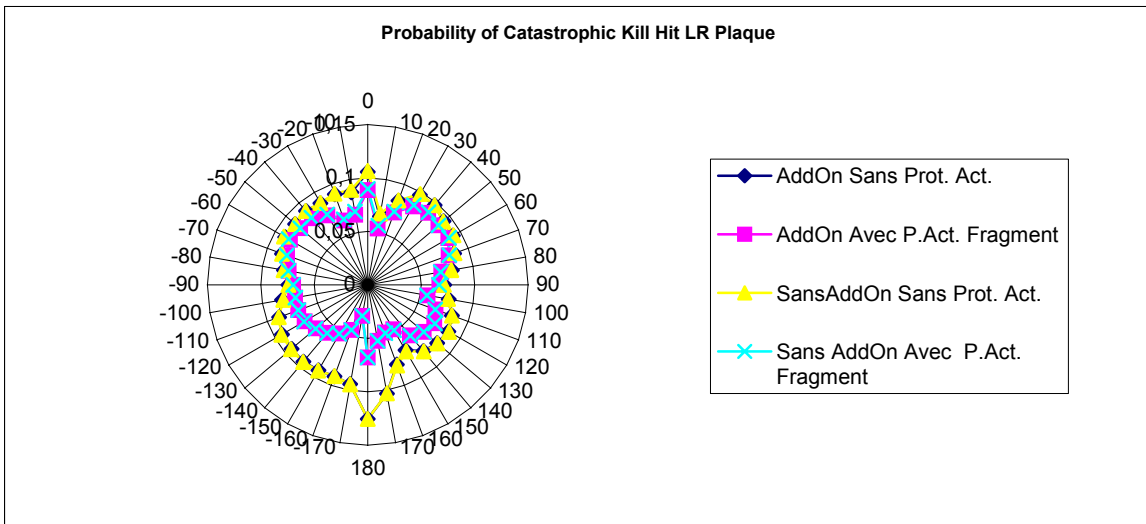
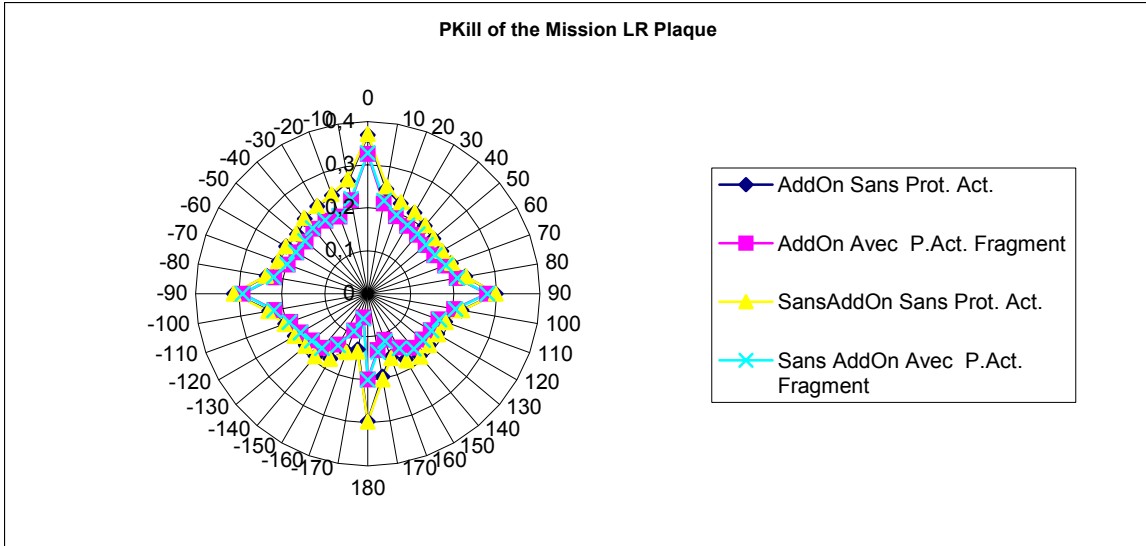
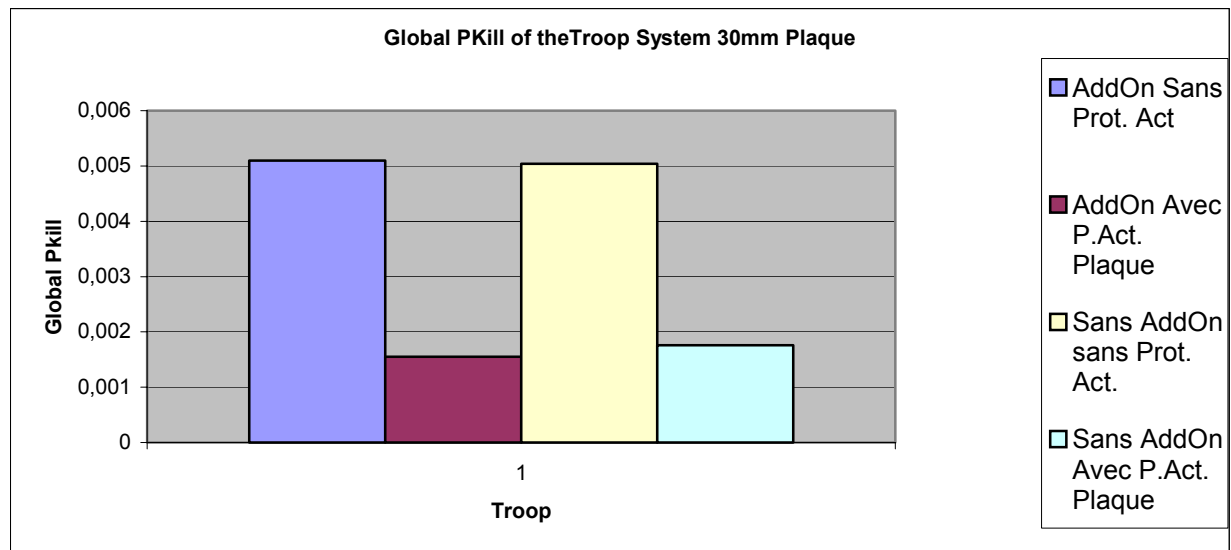
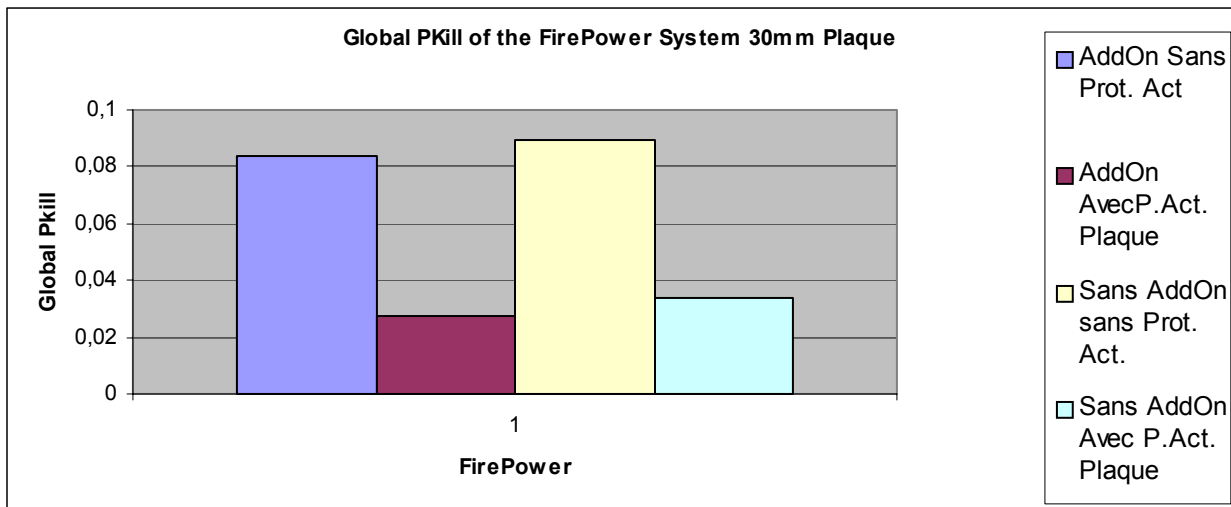
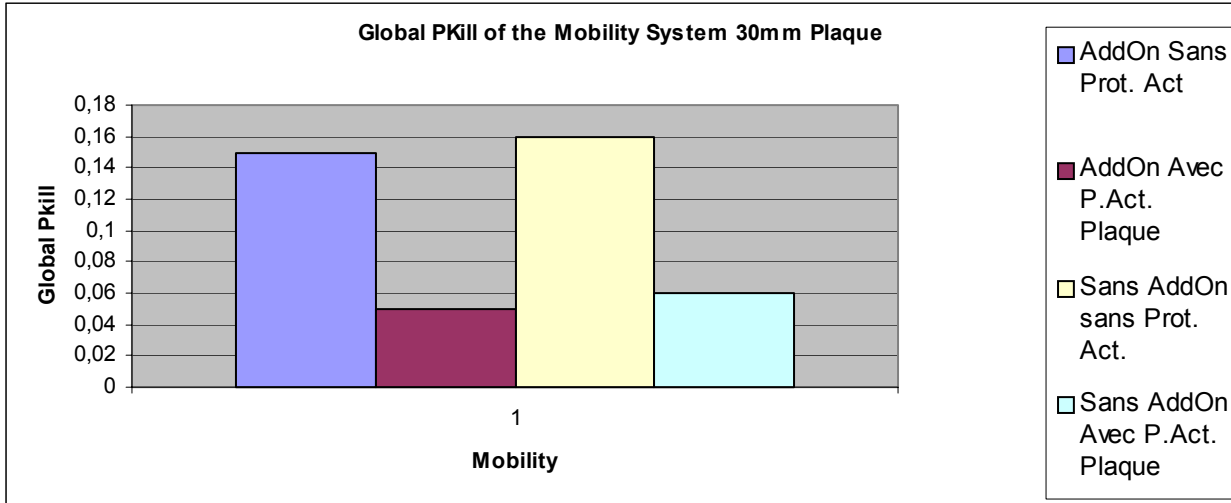


Figure 20: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrément, pour l'interception d'une fléchette de 53cm par par une plaque lancée.

UNCLASSIFIED/ SANS CLASSIFICATION

## **ANNEXE B.4**

**VULNÉRABILITÉ FACE À UNE «LONG ROD » DE 53CM DE LONG D'UN VÉHICULE  
PROTÉGÉ OU NON PAR APPLIQUÉ ET/OU PROTECTION ACTIVE PAR PLAQUES  
LANCÉES.**



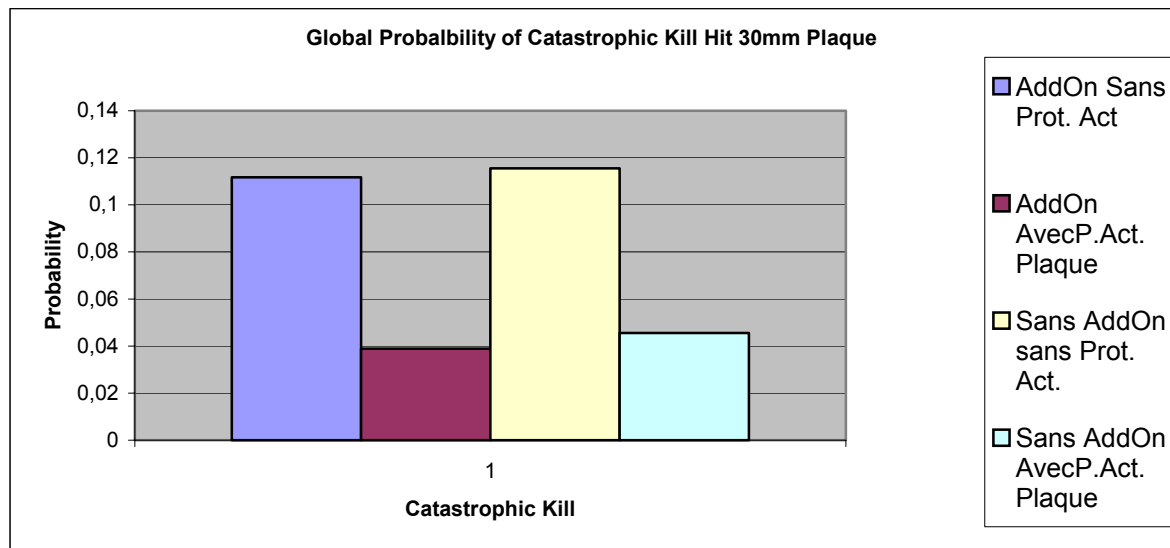
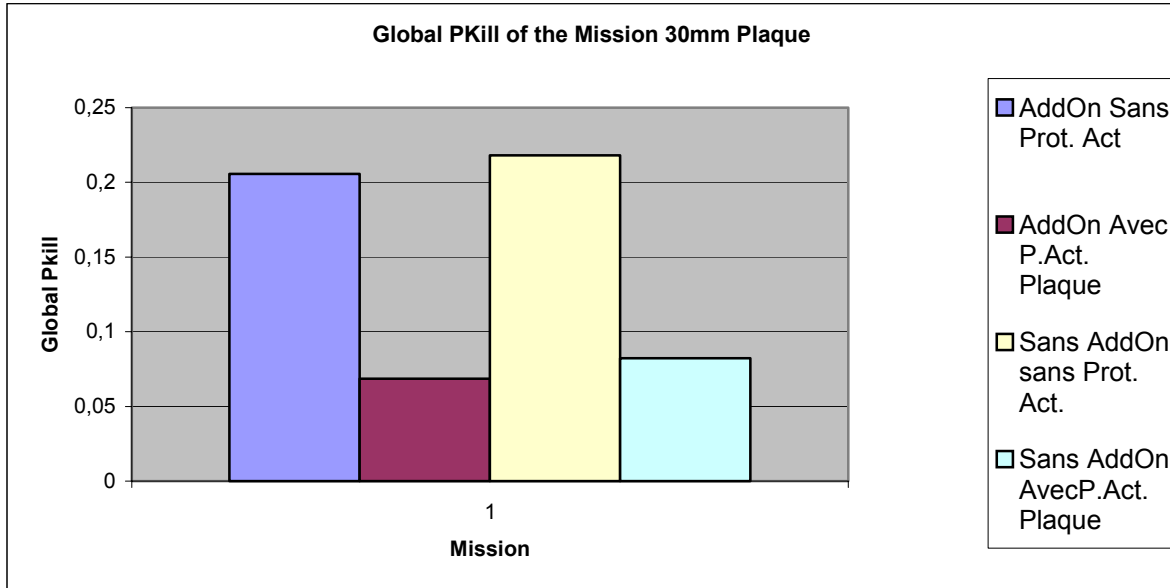
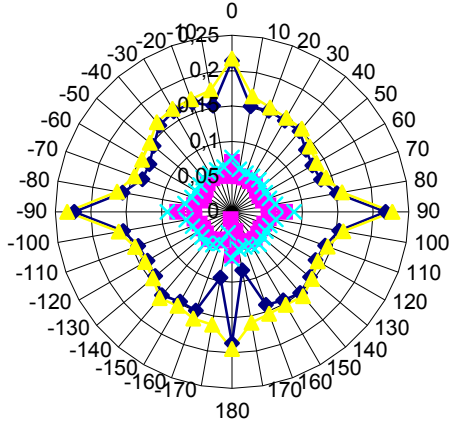


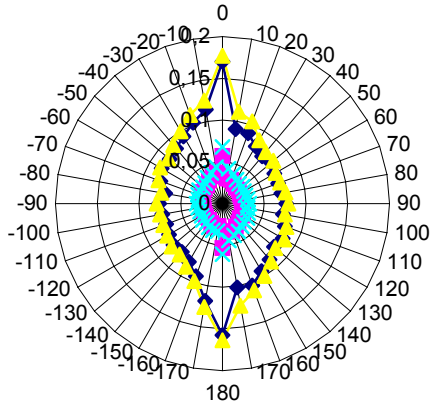
Figure 21: “Global Pkill” des 5 systèmes étudiés avec ou sans protection appliquée (« AddOn ») pour l’interception d’une fléchette de calibre moyen (30mm) par une plaque lancée.

PKill of the Mobility System 30mm Plaque



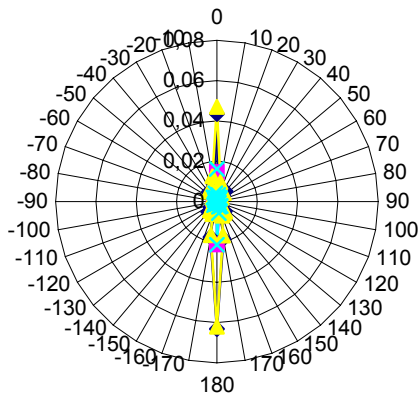
- ◆ AddOn Sans Prot. Act.
- AddOn Avec P.Act. Fragment
- ▲ SansAddOn Sans Prot. Act.
- ✕ Sans AddOn Avec P.Act. Fragment

PKill of the Fire Power System 30mm Plaque



- ◆ AddOn Sans Prot. Act.
- AddOn Avec P.Act. Fragment
- ▲ SansAddOn Sans Prot. Act.
- ✕ Sans AddOn Avec P.Act. Fragment

PKill of the Troop System 30mm Plaque



- ◆ AddOn Sans Prot. Act.
- AddOn Avec P.Act. Fragment
- ▲ SansAddOn Sans Prot. Act.
- ✕ Sans AddOn Avec P.Act. Fragment

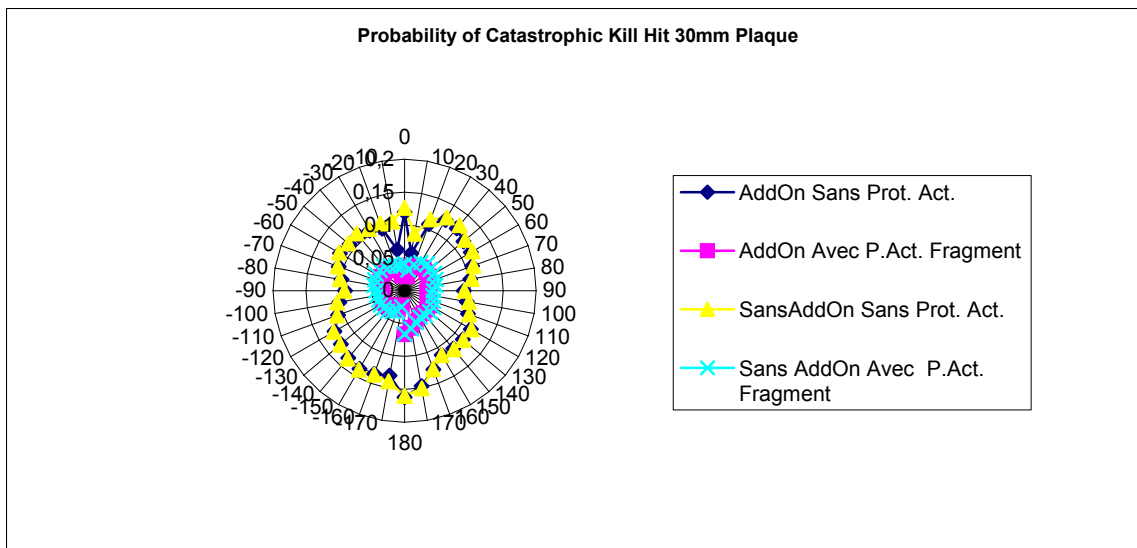
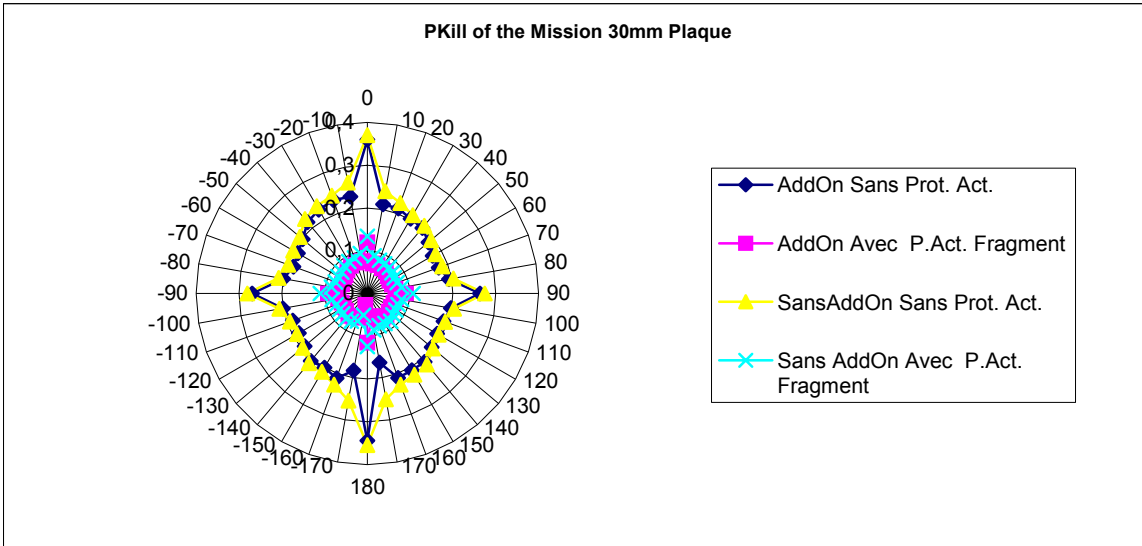


Figure 22: Graphiques polaires illustrant la valeur du « Pkill » dans à chaque angle d'incrément, pour l'interception d'une fléchette de 53cm par une plaque lancée.