



Copyright © Lycée Saint Joseph – La Salle Dijon / ESJO' – Tous droits réservés

NOMS DES MEMBRES DE L'EQUIPE :



PROJET SCIENTIFIQUE N°1 ECAM 2 – Cahier des charges

Travail en équipe

Durée 1 journée et demie

Les 17 et 18 décembre 2025

Soutenance à 13h30 en salle C 28

Thème du semestre 1 : L'ingénierie entre ESPACE ET TEMPS

« La Guerre est la continuation du politique par d'autres moyens » selon Carl Von Clausewitz

Matières à mobiliser

SI, SPC, Mathématiques, Anglais, philosophie, Informatique, Economie des entreprises

Ce projet s'inscrit pleinement dans la réflexion thématique du semestre 1 et c'est en activant toutes les matières que vous pourrez justifier de la pertinence de votre production finale.

Mission du projet : À l'heure où la guerre vient à nouveau perturber le continent européen avec l'invasion de l'Ukraine par la Russie, alors que la paix semble donc s'éloigner, tous les spécialistes en géostratégie remarquent que si la guerre du XXI^e siècle peut rester classique dans les moyens déployés, cette dernière prend aussi une nouvelle forme, celle de la cyb erguerre qui s'appuie sur la haute technologie. La cyb erguerre est devenue une forme de conflit moderne, où les batailles ne se déroulent plus uniquement sur des champs de bataille physiques, mais dans les réseaux et les systèmes informatiques. La cyb erguerre se définit par l'utilisation d'attaques numériques menées par des États ou des groupes de pirates informatiques pour perturber, espionner ou détruire des infrastructures critiques adverses. Ces attaques, souvent invisibles et silencieuses, peuvent causer des ravages dans des secteurs clés comme les réseaux électriques, les systèmes de contrôle, ou encore les programmes nucléaires. De nombreux États, tels que les États-Unis, le Royaume-Uni, et même des pays comme la Corée du Nord et l'Iran, investissent massivement dans les technologies de guerre numérique faisant du cyberspace un nouveau terrain de conflits. L'emploi des hautes technologies dans les stratégies de défense des États (avec l'essor des drones par exemple) tout comme le développement de cyberattaques ciblées sont souvent menées conjointement avec des opérations militaires dites conventionnelles ce qui donne un aspect hybride à la guerre du XXI^e siècle.

À partir du jeu Angry Birds, vous devrez concevoir une simulation (en balistique, en programmation, en modélisation et conception, en mathématiques dans environnement physique dématérialisé ...) et une approche réflexive (en éthique, en géopolitique, en linguistique et sur le champs économique) sur cette nouvelle forme de guerre hybride qui place l'ingénieur au cœur du processus de défense par sa maîtrise des hautes technologies.

Déroulement

Par équipe, vous devrez vous saisir de ce cahier des charges pour réaliser le projet en suivant scrupuleusement les consignes. Ce défi est concentré sur une journée et demie et il sera évalué par vos enseignants pour être comptabilisé dans votre moyenne semestrielle. Il vous faudra suivre chaque étape, respecter les délais, anticiper vos besoins, définir une méthodologie d'approche et de réalisation. Il est essentiel d'arriver à la production finale qui sera présentée à l'ensemble de la promotion le 18 décembre à 13H30. **Les soutenances se dérouleront de 13H30 à 15h30.** Tout au long de ce travail, vos enseignants seront présents pour répondre à vos questions mais c'est en autonomie que vous aurez à porter ce projet scientifique. Vous travaillerez dans la salle C 28 et dans la C 30 si besoin. Bien éteindre svp votre ordinateur quand vous quittez la salle.

Soutenance : Vous devrez préparer un PowerPoint à présenter lors de votre soutenance. Attention vous devrez absolument problématiser votre travail et vous adopterez une démarche faisant écho de votre analyse du sujet. Il est obligatoire de montrer les liens entre les matières et donc il n'est pas possible de faire des slides par matière sans chercher la cohérence globale ! C'est un projet dans son entièreté que vous devrez présenter. Bien mettre aussi en avant lors de cette soutenance, vos réalisations, vos réussites et vos difficultés (gestion du travail en commun, soucis techniques et scientifiques). Durée de l'oral : Maximum 30min : 2/3 en français + 1/3 en anglais. 10 minutes de Questions/Réponses avec le jury. Préparez bien votre soutenance en identifiant qui dira quoi. Chacun doit s'exprimer lors de ce moment.

Il est évident que le travail technique sera celui qui devra occuper le plus de votre temps.
ATTENTION VOUS ETES RESPONSABLES DU MATERIEL (JE CASSE alors JE PAYE).

Chaque matière vous demande de remplir une fiche qui sera à remettre à la fin de votre projet dans un seul fichier (format PDF) dans l'espace de travail sur EcoleDirecte rubrique CLOUD.

Ce dernier est à envoyer aussi à mickael.chardon@stjodijon.com à 12h le 18/12/25.

Veuillez à la clarté de vos propos.

Merci de choisir obligatoirement l'une des 2 méthodes de gestion de projet :

- A. Le PERT
- B. TRELLO

Vous devrez témoigner absolument lors de votre soutenance de l'utilisation et du déploiement de la méthode de gestion de projet que vous aurez choisi.

A° LE PERT :

Au départ de ce projet, il faut vous faire prendre connaissance en équipe des différentes tâches que vous aurez à mener pour finaliser votre travail. Cela suppose une bonne entente et surtout une rigueur dans le suivi de l'avancement du projet. Pour vous aider, il vous est ici demandé d'anticiper votre travail et donc d'organiser les tâches à accomplir avant de vous lancer. Pour ce faire, vous devrez réaliser un **PERT** sous forme d'un schéma horizontal. Ce document est un outil qui devra, tout au long du projet pour l'équipe, régulièrement être visité et interrogé comme une « boussole pour un marin ».

1. Qu'est-ce qu'un diagramme PERT ?

Le nom représente l'acronyme de "Program Evaluation and Review Technic". Il s'agit d'un **outil visuel d'ordonnancement et de planification de projet**. Son but est d'**organiser les tâches** sous la forme d'**un réseau** afin de faciliter la gestion du projet. **Cette représentation graphique** permet d'identifier les connexions entre les différentes tâches, les temps d'exécution, les interdépendances.

2. Pourquoi utiliser le Réseau PERT ? Cet outil facilite la maîtrise du projet. En effet, il permet de :

Donner une vue réelle de la livraison du projet,

Anticiper l'affectation des ressources humaines (et financières non demandée ici), des moyens techniques,

Identifier les tâches à traiter plus rapidement si l'on souhaite livrer le projet plus tôt,

Repérer les tâches à traiter simultanément (travail en parallèle) et les tâches antérieures,

Identifier les tâches critiques et le non-critique pour tenir les délais - permet par exemple de redéployer des ressources si nécessaire.

ETAPE 1	Consignes	Ressources
Lecture individuelle du projet	Prendre connaissance de l'ensemble du projet à réaliser	0. Projet global distribué à chaque étudiant. 1. Voir PJ en annexe A et B sur la conduite de projet
ETAPE 2	Consignes	Ressources
Lecture collective et mise en action de l'équipe	Commencez par lister les tâches du projet, Estimez leur durée et leur(s) antécédent(s) : pour chaque tâche, évaluer le temps nécessaire pour leur traitement.	https://prium-transition.com/diagramme-de-pert/ Lien ci-dessous pour préciser le sens de cet outil.
ETAPE 3	Consignes	Ressources
Le PERT	2. Construisez le tableau avec la liste de tâches et montez le réseau en utilisant les liens de dépendance (les antécédents). 3. Indiquez sur le graphique la désignation des tâches et leur durée ;	

Merci de renseigner ci-dessous l'ensemble de vos travaux :

Commentaires des évaluateurs sur la gestion de projet	
Travail des élèves	

B° TRELLO :

Au départ de ce projet, il faut vous faire prendre connaissance en équipe des différentes tâches que vous aurez à mener pour finaliser votre travail. Cela suppose une bonne entente et surtout une rigueur dans le suivi de l'avancement du projet. Pour vous aider, il vous est ici demandé d'anticiper votre travail et donc d'organiser les tâches à accomplir avant de vous lancer. Pour ce faire, vous devrez réaliser un **TRELLO** sous forme d'un schéma horizontal numérique. Ce document est un outil qui devra, tout au long du projet pour l'équipe, régulièrement être visité et interrogé comme une « boussole pour un marin ».

Site du logiciel gratuit : <https://trello.com/home>

Tuto du logiciel : <https://www.youtube.com/watch?v=E2vyWvqqJHQ>

Consigne générale :

Nous vous proposons de faire un jeu type Angry Birds dans un environnement 3D à l'aide du moteur de jeu UPBGE. Pour cela, nous souhaitons élaborer un modèle dynamique d'un projectile à ailettes, le tester et le valider à l'aide de simulations numériques et enfin développer notre jeu.

La trame de ce document est là pour vous guider dans une démarche de modélisation mathématique de la dynamique d'un projectile et de simulation numérique et 3D en un temps relativement court par rapport à la complexité du sujet. Il s'agit d'une proposition de démarche possible parmi tant d'autres, toutes initiatives et recherches personnelles sont donc les bienvenues.

	CONSIGNES	RESSOURCES
ETAPE 1	Modélisation dynamique simple d'un projectile à ailettes	[1] : Laurène Muller. Mesure tridimensionnelle de coefficients aérodynamiques dynamiques en soufflerie d'un projectile empenné à l'aide d'un banc d'essai libre en rotations. Autre. Université Bourgogne Franche-Comté, 2022. [2] : Marie Albisser. Identification of aerodynamic coefficients from free flight data. Automatic Control Engineering. Université de Lorraine, 2015. [3] : Nielsen, J N. Missile Aerodynamics. McGraw Hill, 1960. 450 p [4] : Andrew F. Maurice. Aerodynamic Performance Predictions of a SA- 2 Missile Using Missile DATCOM. 2009.
ETAPE 2	Simulation Python	Partie Informatique
ETAPE 3	Simulation dans un environnement 3D	https://upbge.org/docs/latest/manual/index.html
ETAPE 4	Amélioration du modèle dynamique	
ETAPE 5	Modèle CAO	Solidworks

Modélisation dynamique simple d'un projectile à ailettes

4. Définir les repères

Nous définirons le repère terrestre par $R(O, X, Y, Z)$, le repère du projectile par $R_p(G, X_p, Y_p, Z_p)$ et le repère aérodynamique par $R_v(G, X_v, Y_v, Z_v)$ (voir [1] chapitre 1 et [2] chapitre 2). Nous utiliserons les angles d'Euler (roulis ϕ , tangage θ , lacet ψ) pour exprimer la position du repère projectile par rapport au repère terrestre. La position du repère aérodynamique est définie par rapport au repère projectile en fonction des angles d'attaque α et de dérapage β (voir [1] et [2]).

- Choisir le repère terrestre de telle sorte à ce que notre modélisation soit cohérente avec le moteur de jeu UPBGE.
- Faire les schémas nécessaires.
- À partir de la p.5 de [3] (mise en annexe) et de vos recherches personnelles, exprimer les angles d'attaque et de dérapage en fonction de la vitesse relative du projectile. Donner une définition simple de ces deux angles.

5. BAME

On isole le projectile.

- À partir de [1] et [2], faire le bilan des actions mécaniques extérieures aux projectiles. Détailler.

6. Simplification du modèle

Dans cette première partie, nous proposons de travailler dans le plan. Nous négligerons donc la rotation du projectile selon les angles de roulis et lacet. L'angle de dérapage β est aussi négligé. Aussi, nous ramènerons l'application des forces aérodynamiques au centre de gravité. L'étude des centres d'applications des forces aérodynamiques nécessite quelques étapes de calculs supplémentaires, elle se fera donc lors de l'étape d'amélioration du modèle. Enfin, nous considérerons que l'écoulement est toujours laminaire, on négligera donc les forces et moments induits par les potentiels tourbillons. Il n'y a pas de vent.

- Définir le problème simplifié.

7. Détermination des coefficients aérodynamiques

L'étude des coefficients aérodynamiques (ou caractéristiques aérodynamiques) peut se montrer très complexe. Un modèle satisfaisant des caractéristiques aérodynamiques d'un point de vue aérodynamique mettrait en relation l'angle d'attaque, le nombre de Reynold et le nombre de Mach. Nous pouvons nous contenter ici d'un modèle simple mettant en relation les coefficients aérodynamiques en fonction de l'angle d'attaque seulement.

- À partir de [2] et [4], proposer un modèle mathématique en fonction de l'angle d'attaque pour les coefficients de portance (lift) et de traînée (drag).

8. Déterminer l'équation du mouvement

Simulation numérique sous Python

Nous souhaitons valider notre modèle dynamique simplifié. Pour cela, nous souhaitons faire une simulation numérique (voir partie informatique). Vous trouverez les données de masse et d'inertie dans [2]. Pour ce modèle simplifié, il est attendu une résolution numérique avec une méthode d'Euler et RK2.

- Le modèle est-il satisfaisant ?

Simulation 3D avec UPBGE (Blender) et Python

Blender est un logiciel 3D open-source. Pour faire notre premier jeu basé sur nos études précédentes, nous allons utiliser UPBGE, l'ancien moteur de jeu de Blender, aujourd'hui développé indépendamment. Il prend en compte la gravité, des forces et moments appliqués aux objets ainsi que les collisions entre solides. L'utilisation de UPBGE pour la simulation de notre modèle est simplifiée par l'existence de modules Python utilisant les vecteurs pour définir les positions, vitesses et forces.

Pour une première prise en main de UPBGE, il est recommandé de lire et tester les tutoriels expliquant :

- Comment utiliser les portes logiques dans UPBGE : https://upbge.org/docs/latest/manual/manual/tutorials/introducing_logic_bricks/move_object.html
- Et comment introduire des codes python : https://upbge.org/docs/latest/manual/manual/tutorials/introducing_python_scripting/basic_concepts.html et https://upbge.org/docs/latest/manual/manual/tutorials/introducing_python_scripting/move_object.html

Pour ce premier développement du jeu, nous souhaiterions commander un projectile (un cône par exemple) pour aller détruire un mur de cube. Pour cela :

- Créer l'ensemble des objets nécessaires sur la scène et placer-les.
- Pour activer la capacité d'un solide à être soumis à la gravité et aux collisions, il faut aller dans l'onglet *Physics* du solide puis pour *Physics Type* sélectionner *Rigid Body* (ou *Dynamic*) comme décrit dans le lien suivant : https://upbge.org/docs/latest/manual/manual/editors/properties/physics_rigid_body.html
- Nous souhaitons commander l'angle d'attaque du solide avec les touches du clavier.
- La portance et donc l'altitude du projectile pourrait être calculer dans un module Python à chaque itération.

Quelques fonctions utiles ont été mises en annexe. Vous pouvez retrouver la liste complète ici :

https://upbge.org/docs/latest/manual/manual/python_scripting/python_game_engine.html#class-kx-gameobject

Amélioration du modèle dynamique

Cette partie consiste à développer un modèle dynamique plus élaboré. Alors que la première partie proposait d'étudier la dynamique d'un solide ramené à un point dans le plan, il est donc maintenant envisageable d'étudier la dynamique du solide rigide dans le plan (et dans l'espace).

1. BAME

Du fait de sa forme et de la présence d'ailettes, le projectile étudié est soumis aux forces aérodynamiques en plusieurs points.

- À partir de [3], p.68 à p71 et p.182, proposer une amélioration de modèle.
- Faire le BAME et déterminer les équations du mouvement.

2. Simulation numérique (partie informatique)

- Tester le modèle et vérifier la validité du modèle par simulation numérique.

Modèle CAO d'un oiseau aérodynamique (optionnel)

Dans cette dernière partie, modéliser votre oiseau préféré pour l'intégrer dans Blender !

Annexes

- Nielsen, J N. Missile Aerodynamics. McGraw Hill, 1960. p.5

1-4. Angles of Attack and Sideslip

The angles of attack and sideslip are defined here as purely kinematic quantities depending only on velocity ratios. As such, they measure velocity components along the body axes of the missile. Let the air-stream velocity relative to the missile center of gravity be V_0 with components u , v , and w along x , y , and z , respectively. As defined, u , v , and w are flow velocities, and $-u$, $-v$, and $-w$ are velocities of the center of gravity with respect to the air stream.

The angles of attack and sideslip have been defined in at least three ways.

The *small angle* definitions are

$$\alpha = \frac{w}{V_0} \quad \beta = \frac{-v}{V_0} \quad (1-3)$$

The *sine* definitions are

$$\sin \alpha_s = \frac{w}{V_0} \quad \sin \beta_s = \frac{-v}{V_0} \quad (1-4)$$

The *tangent* definitions are

$$\tan \alpha_t = \frac{w}{u} \quad \tan \beta_t = \frac{-v}{u} \quad (1-5)$$

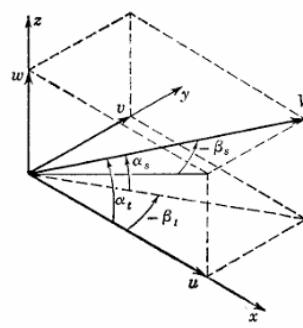


FIG. 1-3. Angles of attack and sideslip.

SYMBOLS

V_0	free-stream velocity
x, y, z	missile body axes; $\alpha_c \neq 0, \varphi \neq 0$
$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$	missile body axes; $\alpha_c = 0, \varphi = 0$
x', y', z'	missile body axes; $\alpha_c \neq 0, \varphi = 0$
α	angle of attack
α_c	included angle
β	angle of sideslip
α_s, β_s	sine definitions of angles of attack and sideslip
α_t, β_t	tangent definitions of angles of attack and sideslip
φ	angle of bank

- Quelques fonction Blender utiles :

applyMovement(movement [, local])

Sets the game object's movement.

- Parameters:
- **movement** (3D Vector) – movement vector.
 - **local** –
 - False: you get the "global" movement ie: relative to world orientation.
 - True: you get the "local" movement ie: relative to object orientation.
 - Default to False if not passed.
 - **local** – boolean

applyRotation(rotation [, local])

Sets the game object's rotation.

- Parameters:
- **rotation** (3D Vector) – rotation vector.
 - **local** –
 - False: you get the "global" rotation ie: relative to world orientation.
 - True: you get the "local" rotation ie: relative to object orientation.
 - Default to False if not passed.
 - **local** – boolean

applyForce(force [, local])

Sets the game object's force.

This requires a dynamic object.

- Parameters:
- **force** (3D Vector) – force vector.
 - **local (boolean)** –
 - False: you get the "global" force ie: relative to world orientation.
 - True: you get the "local" force ie: relative to object orientation.
 - Default to False if not passed.

applyTorque(torque [, local])

Sets the game object's torque.

This requires a dynamic object.

- Parameters:
- **torque** (3D Vector) – torque vector.
 - **local (boolean)** –
 - False: you get the "global" torque ie: relative to world orientation.
 - True: you get the "local" torque ie: relative to object orientation.
 - Default to False if not passed.

getLinearVelocity([local])

Gets the game object's linear velocity.

This method returns the game object's velocity through it's center of mass, ie no angular velocity component.

- Parameters:
- **local (boolean)** –
 - False: you get the "global" velocity ie: relative to world orientation.
 - True: you get the "local" velocity ie: relative to object orientation.
 - Default to False if not passed.

Returns: the object's linear velocity.

Return type: Vector((vx, vy, vz))

setLinearVelocity(velocity [, local])

Sets the game object's linear velocity.

This method sets game object's velocity through it's center of mass, ie no angular velocity component.

This requires a dynamic object.

- Parameters:
- **velocity** (3D Vector) – linear velocity vector.
 - **local (boolean)** –
 - False: you get the "global" velocity ie: relative to world orientation.
 - True: you get the "local" velocity ie: relative to object orientation.
 - Default to False if not passed.

getAngularVelocity([local])

Gets the game object's angular velocity.

- Parameters:
- **local (boolean)** –
 - False: you get the "global" velocity ie: relative to world orientation.
 - True: you get the "local" velocity ie: relative to object orientation.
 - Default to False if not passed.

Returns: the object's angular velocity.

Return type: Vector((vx, vy, vz))

setAngularVelocity(velocity [, local])

Sets the game object's angular velocity.

This requires a dynamic object.

- Parameters:
- **velocity** (3D Vector) – angular velocity vector.
 - **local** –
 - False: you get the "global" velocity ie: relative to world orientation.
 - True: you get the "local" velocity ie: relative to object orientation.
 - Default to False if not passed.

getVelocity([point])

Gets the game object's velocity at the specified point.

Gets the game object's velocity at the specified point, including angular components.

- Parameters:
- **point** (3D Vector) – optional point to return the velocity for, in local coordinates, defaults to (0, 0, 0) if no value passed.

Returns: the velocity at the specified point.

Return type: Vector((vx, vy, vz))

Merci de renseigner ci-dessous l'ensemble de vos travaux :

Commentaires des évaluateurs en SI	

localInertia

the object's inertia vector in local coordinates. Read only.

Type: Vector((ix, iy, iz))

Consigne générale :

Les jeux vidéo reposent souvent sur des situations physiques simples... en apparence. Derrière la trajectoire d'un projectile, d'un ballon ou d'un personnage projeté dans les airs se cachent en réalité des lois fondamentales de la mécanique. Le célèbre jeu *Angry Birds* en est une illustration parlante : une trajectoire arquée, une vitesse initiale, une chute sous l'effet de la gravité... et parfois des écarts subtils avec le modèle théorique idéal.

L'objectif de ce projet est de **modéliser, analyser et simuler le mouvement d'un projectile**, en s'appuyant sur les lois de la mécanique étudiées en cours, tout en confrontant ces modèles à des situations réelles. Vous serez amenés à passer progressivement d'un **modèle simple** à des **modèles plus réalistes**, en prenant conscience des hypothèses, de leurs limites et de leur pertinence.

Dans un premier temps, le mouvement sera étudié dans le cadre idéal de la **balistique sans frottements**, en considérant une chute libre dans un champ de pesanteur uniforme. Ce modèle permettra d'établir les équations du mouvement, de prévoir les trajectoires et de comprendre les paramètres clés (vitesse initiale, angle de tir, portée, hauteur maximale).

Dans un second temps, ces résultats seront **confrontés à une situation réelle**, à travers l'analyse d'une vidéo du mouvement d'un volant de badminton. Cette étape mettra en évidence les écarts entre le modèle idéal et l'expérience, et soulèvera naturellement la question du rôle des **forces de frottement de l'air**, négligées jusque-là.

Enfin, une étude plus complexe intégrera l'effet des **frottements**, conduisant à un modèle plus réaliste du mouvement. Vous devrez alors adapter la simulation, comparer les résultats obtenus aux observations et discuter de l'amélioration du modèle ainsi que de ses limites.

L'objectif de ce projet est de développer à la fois des compétences en **modélisation physique**, en **analyse critique des résultats**, et en **simulation numérique**, tout en découvrant comment la physique permet de comprendre – et parfois de corriger – le comportement « réaliste » d'un jeu vidéo.

Exploitation d'une chronophotographie

- Ouvrir la vidéo VolantAVI dans le dossier correspondant au projet
- Positionner l'origine à l'endroit où le volant est frappé par la raquette
- Réaliser l'étalonnage (largeur de la raquette dans un terrain de basket = 4,9 m)
- Sélectionner les positions du volant sur les images suivantes
- En déduire les vitesses initiale et finale du volant ainsi que l'angle du lancer

Partie théorique

- Dans un modèle sans frottement, quelle serait la portée du volant (justifier) ?
- Comparer avec la valeur réelle ; conclure
- Présenter les deux modèles de frottements dans un fluide, indiquer celui qui convient dans le cas de votre étude, et la difficulté qu'il présente dans la recherche d'une équation de la trajectoire.
- Comparer la vitesse finale du volant à la vitesse limite obtenue par utilisation de ce modèle. Commenter

Simulation numérique

- Dans le cas d'un frottement quadratique (force en kv^2) sur un objet de masse m , déterminer les dérivées temporelles de v_x et v_z en fonction de v_x , v_z , g et $\alpha = k/m$ (pris égal à $0,22 \text{ m}^{-1}$ dans le cas d'un volant de badminton)
- Se renseigner sur la méthode d'Euler pour résoudre numériquement une équation différentielle.
- Compléter le code suivant et le faire tourner. Pouvoir expliquer comment il fonctionne.
- Comparer avec les mesures faites sur la chronophotographie. Le volant a-t-il atteint sa vitesse
- Conclure et envisager des développements éventuels

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from math import sqrt

def ParametresTir(x0,z0,vx0,vz0,dt) :
    t = 0
    x = ???
    vx = ???
    z = ???
    vz = ???
    T = [0]
    X = [0]
    Vx = [0]
    Z = [0]
    Vz = [0]
    while z >= 0 :
```

Merci de renseigner ci-dessous l'ensemble de vos travaux :

Commentaires des évaluateurs en SCP	
Travail des élèves en SCP	

Consigne générale : Modélisation vectorielle et trajectoire d'un projectile par projections orthogonales

L'objectif de cette partie est de construire un modèle élégant et efficace pour décrire la physique de la trajectoire du projectile en utilisant des outils de l'**algèbre linéaire**. Nous allons voir comment le concept fondamental de **projection orthogonale** permet de décomposer naturellement la vitesse du projectile en deux composantes :

- une composante **longitudinale** (dans l'axe du projectile), peu affectée par la traînée,
- une composante **transversale** (perpendiculaire à l'axe), fortement freinée.

Cette modélisation se traduira par des équations faisant intervenir des **matrices projecteurs** dont vous étudierez les propriétés algébriques et géométriques. Enfin, vous implémenterez ce modèle dans un schéma numérique pour simuler des trajectoires réalistes et analyser l'influence des paramètres physiques.

:

À travers les études proposées, il vous est demandé de :

1. **Maîtriser l'outil mathématique** : définir et manipuler le projecteur orthogonal sur l'axe du projectile, étudier son noyau et son image.
2. **Établir le lien physique** : exprimer la force de traînée à l'aide de ce projecteur, justifiant ainsi une modélisation où seule la vitesse transverse est freinée.
3. **Simuler et analyser** : discréteriser les équations du mouvement sous la forme d'un système, l'implémenter en Python et étudier la stabilité et le réalisme des trajectoires en fonction des paramètres.

Ce travail montrera comment une abstraction algébrique — la projection — permet de capturer une réalité physique et d'en déduire un modèle de simulation à la fois compact, interprétable et numérique.

Dossier écrit

Consignes : Vous rendrez les réponses aux questions suivantes sous la forme d'un document écrit sur feuille (type TTL) que vous scannerez et ajouterez au dossier. Vous n'oublierez pas d'ajouter en annexe les différents graphes et tout document vous apparaissant pertinent.

Présentation orale

Consignes : Lors de votre présentation orale, vous tâcherez de :

- Expliquer **succinctement et synthétiquement** les différents résultats théoriques nécessaires à la compréhension de vos travaux.
- Détalier la démonstration **d'un seul** résultat de votre choix.
- Présenter et expliquer les différents résultats des simulations.
- Commenter les avantages et inconvénients de l'utilisation d'une telle méthode.

Modélisation d'un projectile

Notations & Notions

Soit \vec{u} et \vec{v} deux vecteurs de \mathbb{R}^3 .

- On note $\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle$ le produit scalaire canonique de \mathbb{R}^3 entre \vec{u} et \vec{v} .
- On remarque que $\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle = \vec{u}^T \vec{v}$ en utilisant la notation matrice colonne pour les vecteurs.
- On définit $\|\vec{u}\|^2 = \langle \vec{u}, \vec{u} \rangle$.
- On dit que \vec{u} est orthogonal à \vec{v} si et seulement si $\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle = 0$. On notera alors $\vec{u} \perp \vec{v}$.
- Soit E un \mathbb{R} -ev. On note E^\perp l'espace orthogonal à E défini par :

$$\forall \vec{u} \in E \quad \forall \vec{v} \in E^\perp \quad \langle \vec{u}, \vec{v} \rangle = 0$$

- Soit E un \mathbb{R} -ev de dimension n . Soit F un sous-ev de E de dimension p . Alors F^\perp est de dimension $n - p$.

Contexte

On cherche à modéliser à l'aide de l'algèbre linéaire le mouvement d'un projectile dans l'espace. À chaque instant :

- sa vitesse est un vecteur $\vec{v} \in \mathbb{R}^3$;
- son orientation est donnée par un vecteur unitaire $\vec{u} \in \mathbb{R}^3$, représentant l'axe longitudinal du projectile.

Les forces aérodynamiques dépendent alors de la **décomposition** de la vitesse selon des directions privilégiées.

Étude 0 — Sous-espace orthogonal

Soit E un \mathbb{R} -ev de dimension finie n . Soit F un sous-ev. Montrer que

$$E = F \oplus F^\perp$$

Étude 1 — Projection orthogonale

Soit $\vec{u} \in \mathbb{R}^3$ un vecteur unitaire c'est-à-dire tel que $\|\vec{u}\| = 1$.

1. Soit $\vec{v} \in \mathbb{R}^3$ **quelconque fixé**. Expliquer pourquoi \vec{v} peut se décomposer de **façon unique** par :

$$\vec{v} = \vec{v}_{\parallel} + \vec{v}_{\perp}$$

avec \vec{v}_{\parallel} colinéaire à \vec{u} et $\langle \vec{v}_{\perp}, \vec{u} \rangle = 0$.

Indication : Considérer le sous-espace $F = \text{Vect}(\vec{u})$.

2. Montrer que la projection orthogonale de \vec{v} sur la droite engendrée par \vec{u} , c'est-à-dire sur le sous-espace vectoriel $F = \text{Vect}(\vec{u})$, est

$$\text{proj}_{\vec{u}}(\vec{v}) = \langle \vec{v}, \vec{u} \rangle \vec{u}$$

3. En posant $\vec{v}_{\parallel} = \text{proj}_{\vec{u}}(\vec{v})$ et $\vec{v}_{\perp} = \vec{v} - \vec{v}_{\parallel}$. Vérifier que $\vec{v}_{\parallel} \in F$ et $\vec{v}_{\perp} \in F^\perp$.

Étude 2 — Matrice du projecteur

On note

$$\vec{u} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \|\vec{u}\| = 1$$

1. Montrer que l'application $p : \vec{v} \mapsto \text{proj}_{\vec{u}}(\vec{v}) = \langle \vec{v}, \vec{u} \rangle \vec{u}$ est linéaire.
2. Déterminer explicitement la matrice Π de p dans la base canonique de \mathbb{R}^3 .
3. Montrer alors que $\Pi = \vec{u}\vec{u}^T$.
4. En déduire, à l'aide de la question précédente, que $\Pi^2 = \Pi$ et $\Pi^T = \Pi$.

Étude 3 — Interprétation géométrique

1. Déterminer $\text{Ker}(\Pi)$ et $\text{Im}(\Pi)$.
2. En déduire que $\mathbb{R}^3 = \text{Im}(\Pi) \oplus \text{Ker}(\Pi)$.
3. Expliquer, d'un point de vue physique, ce que représentent les deux espaces en question.

Étude 4 — Modélisation de la traînée

On suppose que la force de traînée est donnée par

$$\vec{F} = -k\vec{v}_{\perp} \quad k > 0$$

1. Expliquer, par des arguments de physique, le choix d'une telle définition de \vec{F} .
2. Montrer que $\vec{F} = -k(I_3 - \Pi)\vec{v}$.

Étude 5 — Exemple explicite

On considère

$$\vec{u} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \vec{v} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

1. Calculer \vec{v}_{\parallel} et \vec{v}_{\perp} .
2. Vérifier que $\langle \vec{v}_{\perp}, \vec{u} \rangle = 0$.
3. Calculer \vec{F} pour $k = 1$.

Étude 6 — Simulation discrète de la trajectoire d'un projectile

On modélise le mouvement d'un projectile dans un référentiel galiléen. Soit Δt un pas de temps. On note :

- $\vec{r}_n \in \mathbb{R}^3$ la position du projectile à l'instant $t_n = n\Delta t$;
- $\vec{v}_n \in \mathbb{R}^3$ sa vitesse à l'instant t_n .

On prend en compte :

- une accélération de pesanteur constante \vec{g} ;
- une force de traînée modélisée par

$$\vec{F}(\vec{v}) = -k(I_3 - \Pi)\vec{v}$$

où $k > 0$ est une constante et Π le projecteur orthogonal sur l'axe du projectile.

Choix du repère. Sans perte de généralité, on choisit un repère dans lequel l'axe du projectile est confondu avec l'axe x . On pose donc :

$$\vec{u} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Ce choix simplifie les calculs tout en conservant la généralité du modèle, toute autre orientation pouvant s'obtenir par rotation de l'espace.

On rappelle que le projecteur associé est alors :

$$\Pi = \vec{u}\vec{u}^T$$

Le schéma d'Euler explicite utilisé est :

$$\begin{cases} \vec{v}_{n+1} = \vec{v}_n + \Delta t (\vec{g} + \vec{F}(\vec{v}_n)) \\ \vec{r}_{n+1} = \vec{r}_n + \Delta t \vec{v}_n \end{cases}$$

On pose :

$$\vec{r}_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{v}_0 = \begin{pmatrix} 15 \\ 5 \\ 10 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \vec{g} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -9,81 \end{pmatrix}$$

1. Montrer que l'évolution de la vitesse peut s'écrire sous la forme

$$\vec{v}_{n+1} = A\vec{v}_n + \Delta t \vec{g}$$

avec A une matrice à préciser.

2. Compléter le code Python permettant de simuler la trajectoire du projectile sur un intervalle de temps donné.

```
import numpy as np

# Paramètres à modifier
dt = 0.01
k = 0.2
N = 1000

# Données physiques
g = np.array(...)

# Axe du projectile
u = np.array(...)

# Projecteur
P = np.outer(u, u)

# Conditions initiales
r = np.zeros(3)
v = np.array(...)

positions = []
```

```
for n in range(N):
    positions.append(r.copy())
    F = ...
    v = ...
    r = ...
```

3. Étudier l'influence du pas de temps Δt et du coefficient k sur la trajectoire simulée.
4. Ajouter au dossier les différents graphes générés.

- FIN -

4

Merci de renseigner ci-dessous l'ensemble de vos travaux :

Commentaires des évaluateurs en Maths	
Travail des élèves en Maths	

Consigne générale :

Travail en commun pour déterminer les paramètres suivants :

Utiliser ce que vous avez lu de Kant pour établir deux logiques distinctes :

1. Développer la guerre**2. Développer la paix**

Dans un cas comme un autre la situation de départ est la GUERRE. Vous envisagez : des territoires (ou équivalents), des armées (et équivalents), des actes de violence (qui peuvent être soit défensifs, soit agressifs), des dettes envisageables envers des tiers pour pouvoir être plus fort et surtout la possibilité d'envisager des règles de droit modifiables. Les règles de droit sont les règles du jeu : à partir de quel moment je peux déclarer une guerre, agir,

A partir de là, envisageons trois niveaux de logique :

Niveau 1 : les actifs. Ils agissent. Ils font la guerre, gagnent ou perdent.

Niveau 2 : les juristes. Il y a deux camps. Ceux qui sont pour la guerre et ceux qui sont pour la paix. Chaque fois que l'un gagne des points, il peut modifier les règles. Ou bien on rend la paix possible voire nécessaire ou bien on rend la guerre plus forte. Il faudra savoir lesquels gagnent. Donc quel but atteindre.

Niveau 3 : les manipulateurs. Indépendamment du rapport de force, il y a la guerre idéologique : être capable de modifier la finalité des adversaires. Comment faire pour transformer un désir de paix en réalité belliqueuse et l'inverse.

Donc établir une logique de pur rapport de force avec des rapports quantifiables. Imaginer comment on peut mettre la force au profit du droit ou la force au profit du développement du rapport de force. Puis envisager des points qui permettent de modifier l'idéologie de l'adversaire (ce serait amusant d'envisager des points économiques qui permettent de modifier des finalités « justes ») ;

Bref essayer d'organiser trois formes de bien : le plaisir (ce qui permet de vivre, de se battre, d'attaquer) ; l'utile (ce qui permet d'envisager des règles du jeu, des logiques d'attaque et de défense) ; le juste (ce qui permet de modifier les logiques d'attaque et de défense).

Comment envisager un jeu tel que à armes égales au départ, ce qui compte ce n'est pas de gagner mais de faire de telle sorte que la paix l'emporte sur la guerre (ou l'inverse).

Vous rédigerez ceci :

1. Quelles règles doit-on respecter si l'on veut mener une vie de plaisir ? Cela signifie ici de se garantir ce qui est nécessaire à une vie simple et honnête.
2. Quelles règles doit respecter si l'on veut développer une prospérité économique ? Dans ce cas on doit envisager d'un côté un développement propre et d'un autre côté un développement pour nous rendre plus prospère que les autres.
3. Quelles stratégies peut-on mettre en place pour pervertir les deux premières logiques : ou bien pour aller vers la guerre, ou bien pour aller vers la paix.

Merci de renseigner ci-dessous l'ensemble de vos travaux :

Commentaires des évaluateurs en SI	
Travail des élèves en SI	

Consigne générale :

L'objectif de ce projet est d'implémenter des méthodes d'intégration numérique en langage Python afin de résoudre numériquement les équations de la dynamique.

	CONSIGNES	RESSOURCES
ETAPE 1	<p>Dans une première partie, on s'intéressera à la méthode d'Euler qui constitue une première approche et approximation de la solution numérique de la dynamique. Cette méthode permet d'obtenir une solution numérique lorsque la solution analytique n'est pas accessible facilement.</p> <p>Écrire en langage Python une fonction (ou un programme) avec des paramètres que l'on précisera qui calcule la solution numérique de la dynamique et qui trace l'évolution de la solution numérique au cours du temps (t).</p>	<p>Cours d'Informatique ECAM 2</p> <p>https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thodes_de_Runge-Kutta</p> <p>https://femto-physique.fr/analyse-numérique/runge-kutta.php</p>
ETAPE 2	<p>On peut se rendre compte rapidement que la méthode d'Euler n'est pas très fiable, ni très consistante, surtout lorsque le pas de temps choisi est grand. Dans cette deuxième partie, l'objectif est de mettre en place une méthode numérique plus stable afin d'obtenir une solution de la dynamique plus précise.</p> <p>Écrire en langage Python une fonction (ou un programme) avec des paramètres que l'on précisera qui calcule la solution de la dynamique à l'aide de la méthode Runge-Kutta d'ordre 2 (RK2) et qui trace l'évolution temporelle de la solution.</p>	<p>Cours d'Informatique ECAM 2</p> <p>https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thodes_de_Runge-Kutta</p> <p>https://femto-physique.fr/analyse-numérique/runge-kutta.php</p>
ETAPE 3	Implémenter la méthode Runge-Kutta d'ordre 4 (RK4) et comparer avec la méthode RK2 en terme de solution numérique et de temps d'exécution des programmes.	Cours d'Informatique ECAM 2 + TD n°3 pour mesurer le temps d'exécution des programmes

Merci de renseigner ci-dessous l'ensemble de vos travaux :

Commentaires des évaluateurs en Informatique	
Travail des élèves en Informatique	<p>Vous rendrez tous les codes et scripts Python (en détaillant au maximum chaque ligne de code si c'est possible et en précisant la documentation de chaque méthode). Les graphes obtenus pour les différentes méthodes font également partie du travail à rendre à la fin du projet.</p>

Part 1: Present the project in English according to steps 1-2-3 (Duration: 5 minutes – speaking time shared equally 2-3 students)

Part 2: Each participant must be ready to answer the examiners' questions (interview in English: duration 5 minutes)

	INSTRUCTIONS	RESOURCES
STEP1	-What is cyber warfare ? -What form does cyber warfare take ?	https://www.theguardian.com/technology/cyberwar https://www.nytimes.com/topic/subject/cyberwarfare https://medium.com/swlh/disinformation-is-a-cybersecurity-threat-335681b15b48
STEP 2	-What are the geopolitical impacts ? Give concrete examples taken from current events.	https://www.unodc.org/e4j/en/cybercrime/module-14/key-issues/cyberespionage.html
STEP 3	-Define the status of engineers in high-tech conflicts.	https://www.researchgate.net/publication/258728408_Engineering_and_War

PART 2 -10mn -ECAM – GRILLE D’EVALUATION – EVALUATION GRID PART 2 - 10mn (5mn speaking + 5 interaction)

	A2	B1	B2	C1
S’exprimer en continu : clarté et pertinence de l’exposé	2	3	4	5
Recevabilité linguistique Grammaire + aisance lexicale + fluidité phonologique	2	3	4	5
Interaction /Capacité à prendre part à un entretien	2	3	4	5
Autonomie/ notes + Culture personnelle	2	3	4	5

TOTAL SUR 20 :

A NOTER : notation uniquement en points entiers.

Merci de renseigner ci-dessous l’ensemble de vos travaux :

Commentaires des évaluateurs en SI	
Travail des élèves en SI	

Consigne générale :

La cyberguerre, contrairement aux guerres traditionnelles, se déroule dans le cyberspace, un espace virtuel où les attaques sont menées à l'aide de technologies informatiques.

Les attaques peuvent viser des systèmes informatiques, des réseaux de communication ou même des individus. Les motivations des attaques cybérnétiques peuvent être variées, allant de l'espionnage industriel à la manipulation politique en passant par le terrorisme. La cyberguerre est une réalité qui évolue rapidement et qui suscite de nombreuses interrogations quant à son impact et son éventuelle classification comme conflit mondial.

Il est donc essentiel de comprendre la nature pour évaluer son potentiel de devenir une guerre mondiale.

*A l'aide des documents et de vos connaissances personnelles « **lister** dans un tableau à 3 colonnes les différents aspects de la cyberguerre (Stratégies, menaces, enjeux économiques et politiques) puis **analyser** en quoi elle participe à une nouvelle forme de guerre appelée **Guerre Hybride**.*

Document 1 : L'ampleur des attaques cybérnétiques

Les attaques cybérnétiques ont augmenté en fréquence et en sophistication au cours des dernières années. Les grandes puissances mondiales, telles que les Etats-Unis, la Russie et la Chine, investissent massivement dans leurs capacités offensives et défensives en matière de cyberguerre. [...]

Des infrastructures stratégiques telles que les réseaux électriques, les systèmes financiers et les installations militaires peuvent être ciblées mettant ainsi en péril la sécurité et la stabilité des nations. De plus, les groupes terroristes et les organisations criminelles ont également recours à la cyberguerre pour atteindre leurs objectifs. Cette ampleur des attaques soulève la question de savoir si la cyberguerre pourrait s'étendre à une échelle mondiale

Cyberguerre NSI

Document 2 : Les conséquences des attaques cybérnétiques

Les attaques cybérnétiques peuvent perturber les systèmes de communication, paralyser les infrastructures essentielles, voler des informations sensibles et causer des pertes économiques massives. Les conflits entre Etats pourraient se propager rapidement et être difficiles à contenir dans le cyberspace, avec des répercussions potentielles sur les relations diplomatiques et les alliances mondiales

Les frontières géographiques deviennent moins pertinentes dans la cyberguerre, ce qui complique encore davantage la situation. Ces conséquences significatives soulignent l'importance d'évaluer si la cyberguerre peut être considérée comme une guerre à part entière.

Cyberguerre NSI

Document 3 : Les sous-traitants de Dassault, Thales et Safran attaqués : qui s'en prend à eux et pourquoi ?

Auditonné le 25 juin 2024 au Sénat, le ministre des Armées a révélé des statistiques sur les opérations d'ingérences étrangères dans l'industrie de défense française. Une cinquantaine de sociétés françaises ont été attaquées en 2022 et en 2023.

Les puissances étrangères en veulent de plus en plus à notre industrie de l'armement. Interrogé par les sénateurs le 25 juin 2024 dans le cadre de la commission d'enquête sur « les ingérences étrangères », Sébastien Lecornu a révélé qu'en 2022 et en 2023, une « **cinquantaine** » d'entreprises ont subi des « **intrusions, cambriolages, tentatives d'approches** ».

Ces agissements, qui s'ajoutent aux tentatives d'attaques cybercriminelles, sont en hausse de 25 % par rapport à 2021

Des attaques russes ?

Cette pression sur l'industrie militaire française, « **c'est quelque chose qui est très "guerre froide", mais qui n'a jamais disparu et qui reprend une force particulière depuis deux ans** » a affirmé Sébastien Lecornu. Et rien n'indique que les offensives des puissances étrangères vont s'estomper. Cette situation est « **clairement** » liée à l'Ukraine, a soutenu le ministre qui a précisé que « **la France est nettement plus épargnée que ses voisins** ».

Pour le ministre, il n'y a pas de doutes possibles. Les industriels de l'armement qui produisent pour les armées de Terre, la Marine, l'aérien, ou encore le spatial sont victimes d'**« approches directes singulièrement évidemment russes »**. Les informations confidentielles sont volées discrètement lors d'un cambriolage ou d'une visite.

Les sous-traitants, une cible plus faible

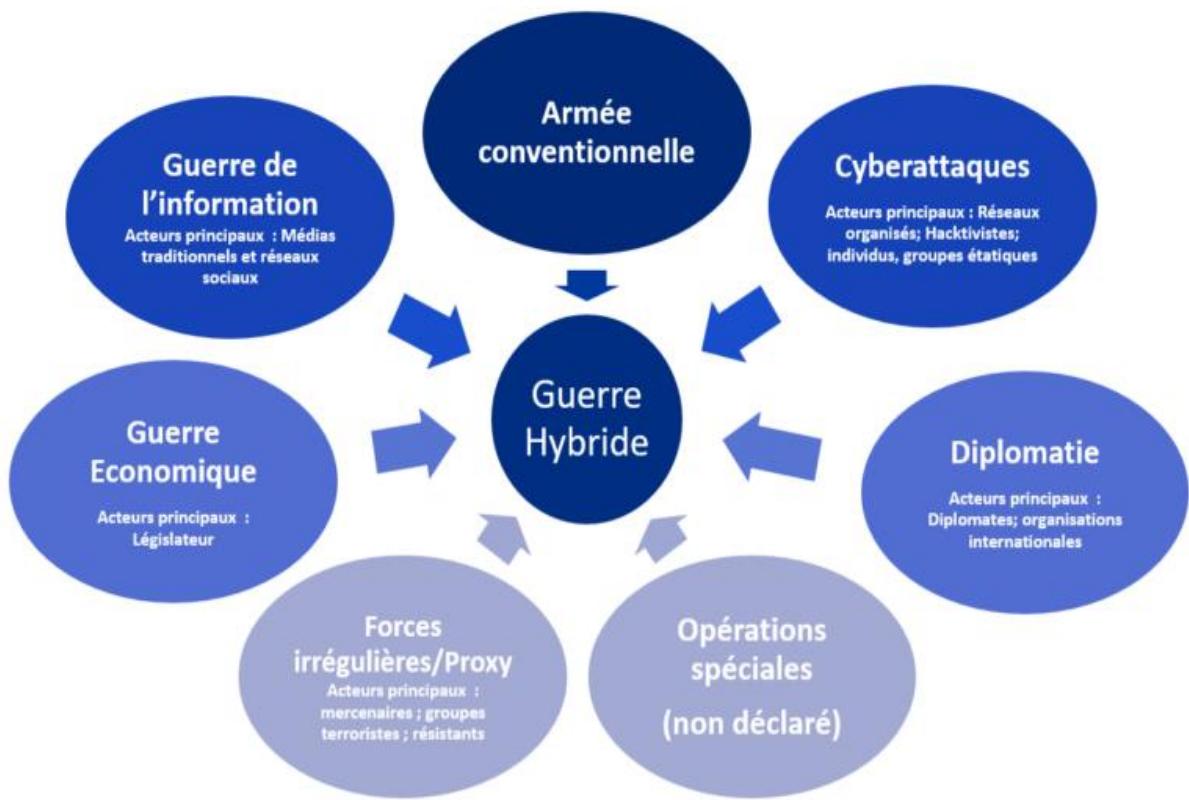
80 % de ces actions ont touché **des entreprises sous-traitantes**, Les géants de la BITD (base industrielle et technologique de défense), tels que **Dassault, Thales et Safran**, ont davantage de moyens de se défendre, contrairement au « **petit sous-traitant en province** ».

Pour lutter contre ces agressions et ingérences, la **Direction du renseignement et de la sécurité de la Défense (DRSD)** déploie 1 700 agents civils et militaires. La mission de cet organe spécialisé dans la contre-ingérence est d'identifier, éduquer et protéger les entreprises civiles ou militaires ciblées par des menaces. Son budget, qui a subi une hausse de 97 % entre 2019 et 2025, va continuer d'augmenter pendant encore six ans.

Source : Journal Ouest France publié le 01/07/2024 sur le website

Document 4 : L'apparition d'un nouveau type de conflit : la guerre hybride

La Guerre hybride offre de nouveaux échelons stratégiques permettant de faire durer le conflit et de s'affronter sur d'autres terrains comme la diplomatie, les médias et l'économie.



« La menace de la guerre hybride » revue de presse Ifri

Merci de renseigner ci-dessous l'ensemble de vos travaux :

Commentaires des évaluateurs en SI	
Travail des élèves en SI	

Durée : 30 minutes environ par équipe :

9. 20 minutes en français
10. 10 minutes en anglais

Vous devrez préparer un PowerPoint à présenter lors de votre soutenance. Attention vous devrez absolument problématiser votre travail et vous adopterez une démarche faisant écho de votre analyse du sujet. Il est obligatoire de montrer les liens entre les matières et donc il n'est pas possible de faire des slides par matière sans chercher la cohérence globale ! C'est un projet dans son entièreté que vous devrez présenter. Bien mettre aussi en avant lors de cette soutenance, vos réalisations, vos réussites et vos difficultés (gestion du travail en commun, soucis techniques et scientifiques). Durée de l'oral : Maximum 30min : 2/3 en français + 1/3 en anglais. 10 minutes de Questions/Réponses avec le jury. Préparez bien votre soutenance en identifiant qui dira quoi. Chacun doit s'exprimer lors de ce moment.

- ♣ **En français**, vous devrez présenter globalement toutes les étapes qui ont marqué la réalisation de votre projet en exploitant les outils développés pendant votre travail. Vous exposerez avec clarté la réalisation finale du projet en veillant à expliciter très nettement la partie technique et les dimensions liées à la coloration. Merci de vous inspirer de l'annexe B (SES) pour structurer votre prestation orale en français et porter un regard réflexif sur le travail réalisé et les éventuels dysfonctionnements inhérents à tous les projets.
- ♣ **En anglais**, merci de suivre les consignes données dans la fiche 8.

Commentaires des évaluateurs de la soutenance en français.	
--	--

BON COURAGE

GRILLE EXAMINATEUR

(Annexe 1)
Grille évaluation ANGLAIS

	A2	B1	B2	C1
S'exprimer en continu : clarté et pertinence de l'exposé (part1)	1	2	3	4
Capacité à prendre part à un entretien / initiative dans l'échange (part2)	1	2	3	4
Recevabilité linguistique -contrôle grammatical -aisance lexicale	1	2	3	4
Prononciation Débit / fluidité	1	2	3	4
Qualité de communication Autonomie par rapport aux notes Culture personnelle	1	2	3	4

TOTAL SUR 20

Impression générale :

GRILLE EXAMINATEUR
(Annexe 2)

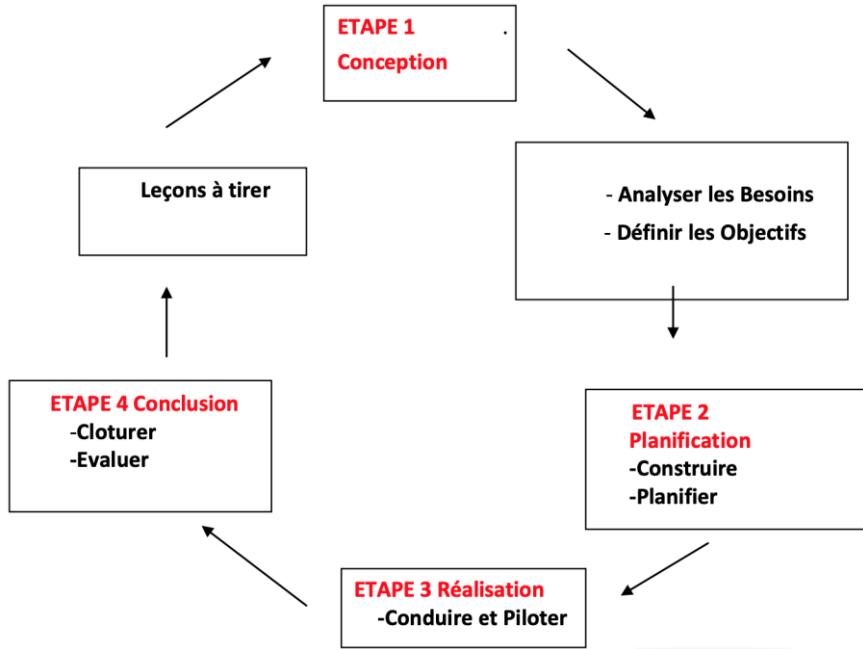
ECAM CP 2 -Grille évaluation -

Compétences évaluées	1	2	3	4
1. Maîtrise domaines scientifiques et techniques -analyse et compréhension du projet -mise en œuvre des connaissances				
2. Maîtrise méthodes sciences de l'ingénieur -méthodologie/ organisation / gestion du projet - synthèse des résultats et communication				
3. Mise en œuvre et choix - réalisation des objectifs et qualité du travail réalisé -initiative et créativité dans le projet -respect des procédures / cahier des charges ?				
5. Respect des valeurs environnementales -respect des valeurs inscrites dans le projet				
4. Travail en équipe/ intégration -capacité à travailler en équipe -prise de responsabilités				
5. Capacité à communiquer -efficacité de l'argumentation visant à convaincre/ clarté de l'exposé -capacité d'expression/ aisance - ouverture d'esprit par rapport au projet				

ETAPE 1 : conception		ETAPE 2 : Planification		ETAPE 3 : Réalisation		ETAPE 4 : Conclusion	
Analyse des besoins et lancement du projet		Préparation du projet et planification des tâches		Pilotage du projet et animation de l'équipe		Finalisation du projet et capitalisation de l'expérience	
ANALYSER LE BESOINS	DEFINIR LES OBJECTIFS	CONSTRUIRE	PLANIFIER	CONDUIRE	PILOTER	CLOTURER	EVALUER
<ul style="list-style-type: none"> Identifier les besoins Valider la faisabilité et l'opportunité du projet Estimer les ressources nécessaires 	<ul style="list-style-type: none"> Définir le ou les objectifs du projet Nommer le projet Acter le démarrage du projet (réunion) 	<ul style="list-style-type: none"> Lister les tâches Définir l'enchaînement logique des tâches Attribuer les ressources Valider le cahier des charges 	<ul style="list-style-type: none"> Affecter une durée aux tâches Organiser les tâches dans le temps Définir les priorités Poser les jalons 	<ul style="list-style-type: none"> Animé l'équipe projet Communiquer autour du projet Réunions d'avancement et bilans d'étapes 	<ul style="list-style-type: none"> Contrôler l'avancement Analysé les indicateurs de suivi Mettre en production Tester le projet 	<ul style="list-style-type: none"> Valider le projet Livraison de l'ouvrage Réunion de clôture Établir la Documentation 	<ul style="list-style-type: none"> Valider les méthodes et outils utilisés Capitaliser l'expérience
METHODE et OUTILS		METHODE et OUTILS		METHODE et OUTILS		METHODE et OUTILS	
Brainstorming Méthode S.M.A.R.T		GANTT, PERT		GANTT, PERT, Carte heuristique		PDCA ou la roue de DEMING	

Annexe B (SES) Gestion de projet

LA GESTION DE PROJET



Les quatre étapes de la gestion de projet

• Etape 1 La conception

L'idée, clé de voûte de la réussite de votre projet : Comment définir l'idée d'un projet ?

Pour susciter la production d'idées, différentes techniques peuvent être utilisées dont le brainstorming.

Technique du brainstorming (« tempête de cerveau ») est une technique qui a prouvé son efficacité et qui est pratique, car nécessite peu de temps.

TECHNIQUE :

PREMIERE PHASE

- - on donne un thème de départ
- - on précise une durée (Quelques minutes)
- - chacun émet les idées qui lui viennent à l'esprit
- - aucune censure : toutes les propositions (idées sérieuses, concrètes, abstraites)
- - aucune analyse, aucun jugement de valeur ni critique des idées émises - les propositions naissent par association d'idées

DEUXIEME PHASE

- - on passe en revue chaque proposition en jugeant de leur recevabilité en fonction de la nature du projet
- - les propositions retenues doivent être réalisables et applicables

Lorsque vous avez trouvé l'idée, n'oubliez pas de déterminer les objectifs qui sous-tendent ce projet.

TROISIEME PHASE

Cette phase est primordiale. Elle nécessite un esprit d'analyse, une vision concrète et un esprit pratique.

Elle consiste à établir la liste :

1. a) des besoins : matériel nécessaire, autorisations nécessaires, locaux, ressources humaines, partenaires à solliciter, **budget (€)**, etc.
2. b) des moyens : **ce dont vous disposez en matériel**, personnes ressources, budget, parties prenantes

Ces listes établies, il convient de mettre en parallèle les besoins et les moyens répertoriés.

C'est également dans cette étape que vous devez envisager les obstacles et les résistances qui pourraient se dresser sur votre route.

• **Etape 2 La planification**

Cette phase consiste à déterminer pour **chaque tâche un responsable** et **une date d'échéance**. Le **PERT** est un outil de planification de projet. Il est utilisé pour calculer, de façon réaliste, le temps nécessaire pour terminer un projet.

Préparation du projet et planification des tâches. Un planning sous forme de tableau

Le cahier des charges est un élément essentiel du projet (A valider) • Etape 3 La réalisation

Phase pratique qui consiste à réaliser les tâches qui vous sont attribuées. -Pilotage du projet
-Animation de l'équipe
-Outils : Le PERT, carte heuristique

• **Etape 4 La conclusion**

Cette dernière phase intervient à 2 niveaux :

- - étape par étape
- - globale : après la réalisation totale du projet.

Cette étape consiste à faire le point sur les actions réalisées avec succès ou, au contraire, sur les actions qui n'ont pu aboutir.

Les leçons à tirer

-Finalisation du projet et capitalisation de l'expérience

Si votre évaluation n'est pas positive en tous points, c'est normal, tout ne peut pas être parfait du premier coup.