

2016



Annales concours ICNA 2016



La référence aéronautique

www.enac.fr



ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

ICNA 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve obligatoire de
FRANÇAIS

Durée : 4 heures

Coefficient : 2



Cette épreuve comporte :

- 1 page de garde
- 1 page d'instructions
- 4 pages de texte et questions recto

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

ÉPREUVE OBLIGATOIRE DE FRANÇAIS

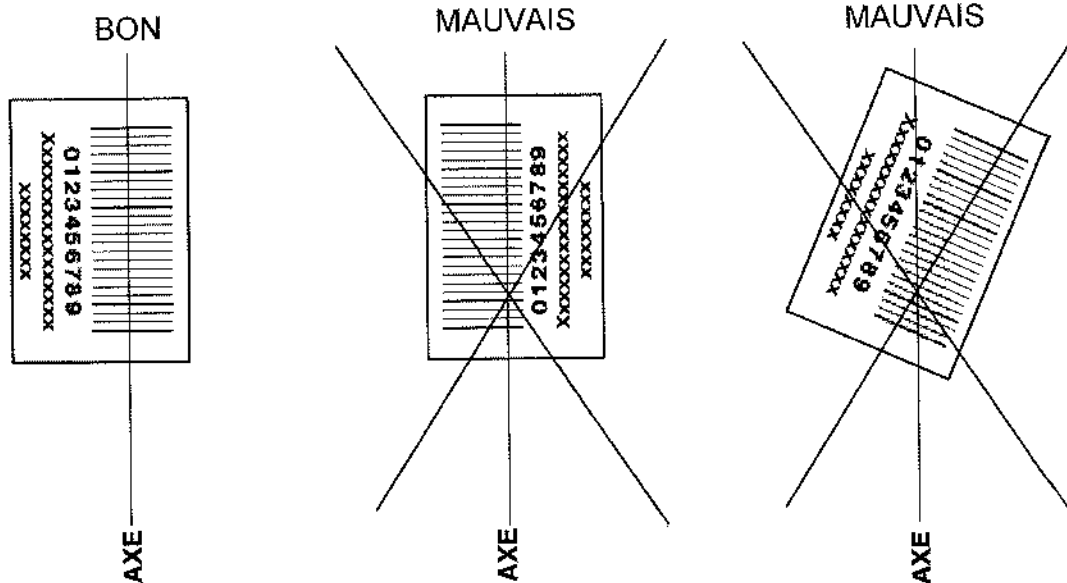
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UNE SEULE COPIE

Vous devez coller dans les parties prévues à cet effet, **les 2 étiquettes** correspondant à l'épreuve **que vous passez**, c'est-à-dire « épreuve obligatoire de français ».

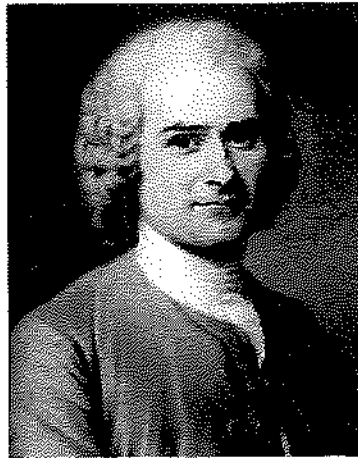
POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification **à gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :



DU CONTRAT SOCIAL (1762) - JEAN-JACQUES ROUSSEAU (1712-1778)
LIVRE I - CHAPITRE IV - DE L'ESCLAVAGE



1- Vous résumerez ce texte en 210 mots avec une marge de tolérance de dix mots (200-220). (Vous indiquerez le nombre de mots à la fin du résumé.)

2- Vous analyserez et discuterez cette citation en vous appuyant sur des exemples passés ou présents pour étayer votre réflexion.

« Renoncer à sa liberté, c'est renoncer à sa qualité d'homme, aux droits de l'humanité, même à ses devoirs. »

Critères d'évaluation

Un devoir structuré (une introduction avec des parties distinctes et une conclusion)
Présence d'arguments accompagnés d'exemples précis
Correction de la langue
Qualité de la mise en page
Respect de l'orthographe et de la ponctuation
Lisibilité de l'écriture

LIVRE I-CHAPITRE IV –DE L'ESCLAVAGE

Puisque aucun homme n'a une autorité naturelle sur son semblable, et puisque la force ne produit aucun droit, restent donc les conventions pour base de toute autorité légitime parmi les hommes.

Si un particulier, dit Grotius, peut aliéner sa liberté et se rendre esclave d'un maître, pourquoi tout un peuple ne pourrait-il pas aliéner la sienne et se rendre sujet d'un roi ? Il y a là bien des mots équivoques qui auraient besoin d'explication, mais tenons-nous-en à celui d'aliéner. Aliéner c'est donner ou vendre. Or un homme qui se fait esclave d'un autre ne se donne pas, il se vend, tout au moins pour sa subsistance : mais un peuple, pour quoi se vend-il ? Bien loin qu'un roi fournisse à ses sujets leur subsistance il ne tire la sienne que d'eux, et selon Rabelais un roi ne vit pas de peu. Les sujets donnent donc leur personne à condition qu'on prendra aussi leur bien ? Je ne vois pas ce qu'il leur reste à conserver.

On dira que le despote assure à ses sujets la tranquillité civile. Soit ; mais qu'y gagnent-ils, si les guerres que son ambition leur attire, si son insatiable avidité, si les vexations de son ministère les désolent plus que ne feraient leurs dissensions ? Qu'y gagnent-ils, si cette tranquillité même est une de leurs misères ? On vit tranquille aussi dans les cachots ; en est-ce assez pour s'y trouver bien ? Les Grecs enfermés dans l'ancre du Cyclope y vivaient tranquilles, en attendant que leur tour vînt d'être dévorés.

Dire qu'un homme se donne gratuitement, c'est dire une chose absurde et inconcevable ; un tel acte est illégitime et nul, par cela seul que celui qui le fait n'est pas dans son bon sens. Dire la même chose de tout un peuple, c'est supposer un peuple de fous : la folie ne fait pas droit.

Quand chacun pourrait s'aliéner lui-même, il ne peut aliéner ses enfants ; ils naissent hommes et libres ; leur liberté leur appartient, nul n'a droit d'en disposer qu'eux. Avant qu'ils soient en âge de raison le père peut en leur nom stipuler des conditions pour leur conservation, pour leur bien-être ; mais non les donner irrévocablement et sans condition ; car un tel don est contraire aux fins de la nature et passe les droits de la paternité. Il faudrait donc pour qu'un gouvernement arbitraire fût légitime qu'à chaque génération le peuple fût le maître de l'admettre ou de le rejeter : mais alors ce gouvernement ne serait plus arbitraire.

Renoncer à sa liberté, c'est renoncer à sa qualité d'homme, aux droits de l'humanité, même à ses devoirs. Il n'y a nul dédommagement possible pour quiconque renonce à tout. Une telle renonciation est incompatible avec la nature de l'homme, et c'est ôter toute moralité à ses actions que d'ôter toute liberté à sa volonté. Enfin c'est une convention vaine et contradictoire de stipuler d'une part une autorité absolue et de l'autre une obéissance sans bornes ?

N'est-il pas clair qu'on n'est engagé à rien envers celui dont on a droit de tout exiger, et cette seule condition, sans équivalent, sans échange n'entraîne-t-elle pas la nullité de l'acte ? Car quel droit mon esclave aurait-il contre moi, puisque tout ce qu'il a m'appartient, et que son droit étant le mien, ce droit de moi contre moi-même est un mot qui n'a aucun sens ?

Grotius et les autres tirent de la guerre une autre origine du prétendu droit d'esclavage. Le vainqueur ayant, selon eux, le droit de tuer le vaincu, celui-ci peut racheter sa vie aux dépens de sa liberté ; convention d'autant plus légitime qu'elle tourne au profit de tous deux.

Mais il est clair que ce prétendu droit de tuer les vaincus ne résulte en aucune manière de l'état de guerre. Par cela seul que les " hommes vivant dans leur primitive indépendance n'ont point entre eux de rapport assez constant pour constituer ni l'état de paix ni l'état de guerre, ils ne sont point naturellement ennemis. C'est le rapport des choses et non des hommes qui constitue la guerre, et l'état de guerre ne pouvant naître des simples relations personnelles, mais seulement des relations réelles, la guerre privée ou d'homme à homme ne peut exister, ni dans l'état de nature où il n'y a point de propriété " constante, ni dans l'état social où tout est sous l'autorité des lois. " (...)

Ce principe est même conforme aux maximes établies de tous les temps et à la pratique constante de tous les peuples policés. Les déclarations de guerre sont moins des avertissements aux puissances qu'à leurs sujets. L'étranger, soit roi, soit particulier, soit peuple, qui vole, tue ou détient les sujets sans déclarer la guerre au prince, n'est pas un ennemi, c'est un brigand. Même en pleine guerre un prince juste s'empare bien en pays ennemi de tout ce qui appartient au public, mais il respecte la personne et les biens des particuliers ; il respecte des droits sur lesquels sont fondés les siens. La fin de la guerre étant la destruction de l'État ennemi, on a droit d'en tuer les défenseurs tant qu'ils ont les armes à la main ; mais sitôt qu'ils les posent et se rendent, cessant d'être ennemis ou instruments de l'ennemi, ils redeviennent simplement hommes et l'on n'a plus de droit, sur leur vie. Quelquefois on peut tuer l'État sans tuer un seul de ses membres ; or la guerre ne donne aucun droit qui ne soit nécessaire à sa fin. Ces principes ne sont pas ceux de Grotius; ils ne sont pas fondés sur des autorités de poètes, mais ils dérivent de la nature des choses, et sont fondés sur la raison.

(....) On n'a le droit de tuer l'ennemi que quand on ne peut le faire esclave; le droit de le faire esclave ne vient donc pas du droit de le tuer : c'est donc un échange inique de lui faire acheter au prix de sa liberté sa vie sur laquelle on n'a aucun droit. En établissant le droit de vie et de mort sur le droit d'esclavage, et le droit d'esclavage sur le droit de vie et de mort, n'est-il pas clair qu'on tombe dans le cercle vicieux ? En supposant même ce terrible droit de tout tuer, je dis qu'un esclave fait à la guerre ou un peuple conquis n'est tenu à rien du tout envers son maître, qu'à lui obéir autant qu'il y est forcé.(...)

Ainsi, de quelque sens qu'on envisage les choses, le droit d'esclave est nul, non seulement parce qu'il est illégitime, mais parce qu'il est absurde et ne signifie rien. Ces mots, esclavage et droit, sont contradictoires; ils s'excluent mutuellement. Soit d'un homme à un homme, soit d'un homme à un peuple, ce discours sera toujours également insensé : je fais avec toi une convention toute à ta charge et toute à mon profit, que j'observerai tant qu'il me plaira, et que tu observeras tant qu'il me plaira.

1165 mots

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve obligatoire
d'ANGLAIS

Durée : 2 heures

Coefficient : 3



Cette épreuve comporte :

- 1 page de garde
- 1 page d'instructions pour remplir le QCM (*à lire très attentivement*)
- 13 pages de texte et questions recto/verso

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)
--

ÉPREUVE OBLIGATOIRE D'ANGLAIS

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve obligatoire d'anglais de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

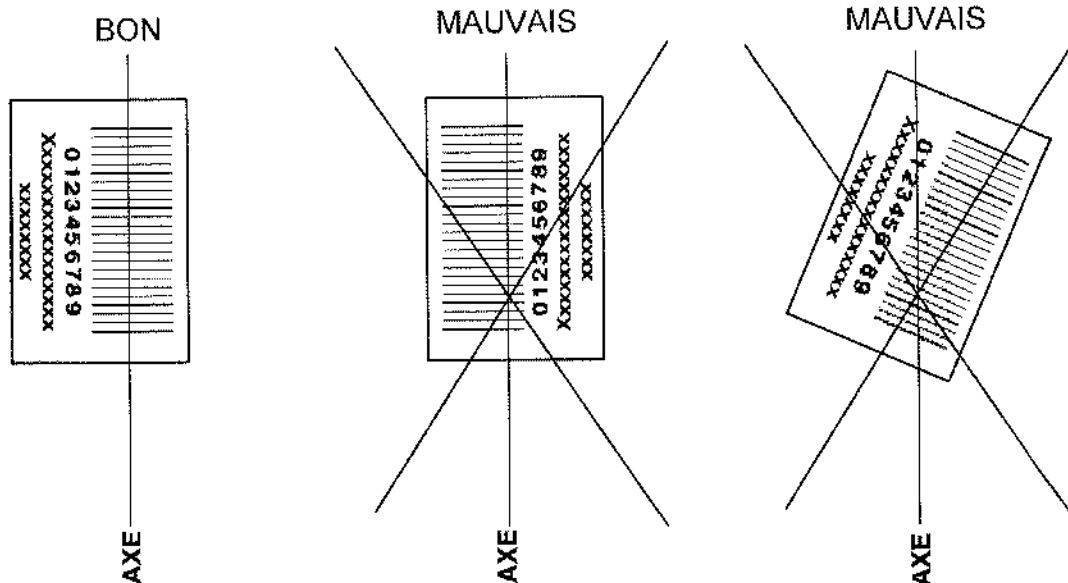
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez, c'est-à-dire « épreuve obligatoire d'anglais ».

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification à **gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :



- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un STYLO BILLE ou une POINTE FEUTRE de couleur **NOIRE**.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon (ou les brouillons qui vous sont fournis à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 80 questions. Vous devez donc porter vos réponses sur les lignes numérotées de 1 à 80. N'utilisez en aucun cas les lignes numérotées de 81 à 100. Veillez à bien porter vos réponses sur la ligne correspondant au numéro de la question.

CHAQUE QUESTION NE COMPORTE QU'1 SEULE BONNE REPONSE.

Ne noircissez donc jamais 2 cases, il vous serait attribué automatiquement zéro pour cette question.

Complétez les phrases à l'aide de mots ou groupes des mots proposés. Noircissez ensuite la case correspondant à votre choix sur la grille de réponses.

1. An estimated 880,000 working parents in England have to skipping meals in the past year to cover their mortgage or rent.
A) restarted B) rethought C) resorted D) revealed E) rested
2. The government has reformed benefits, healthcare and housing rules to make them among the in Europe.
A) tightly B) tight C) tightest D) tighter E) tightrope
3. Researchers from Oxford and Edinburgh universities also said that cancer patients who are receiving care, could have their quality of life improved by a new medical programme.
A) this B) them C) that D) those E) they
4. Clinical depression was more prevalent among cancer patients than in the general population.
A) many B) much C) most D) few E) little
5. Truss said that the ongoing mapping of 87,000 square kilometres of the ocean floor..... "quite remarkable geographical features".
A) can uncover B) uncovering C) uncover D) have uncovered
E) had uncovered
6. "In one place in particular, the sea depth is as little 600 metres and then falls away in just a very short distance to 6,600 metres," he said.
A) as B) than C) to D) until E) for
7. For years now, a congestion charge..... under discussion by the national and regional governments.
A) has been B) is C) was D) had been E) are
8. Equal marriage has been described as the end of the rainbow for gay liberation, but there is no of gold.
A) crock B) decanter C) container D) jug E) crack
9. For the young and disillusioned hackers, it's an effective way to lashthe system of rich video game companies.
A) in for B) up to C) through of D) towards for E) out at
10. In 1997, Sukhdev Reel's son Ricky died in she believes was a racist attack.
A) where B) what C) that which D) when E) whose

11. Last month, the Reel family were to a meeting with Derbyshire police officers working on an internal inquiry.
A) converted B) requested C) conjoined D) summoned E) conferred
12. Since Friday morning, 8,000 white balloons to the ground along the former east/west german border.
A) have been pegged B) were being pegged C) are pegged
D) is pegged E) has been pegged
13. Swedish scientists discovered, when they used brain scans, that learning a foreign language increase the size of your brain.
A) ought B) must C) shall D) could E) could have
14. The scientific study is part of a growing body of research using brain imaging technologies to understand the cognitive benefits of language learning.
A) well B) most C) best D) better E) good
15. Five defendants in the phone hacking enquiry were all charges at the end of the trial.
A) clear in B) cleared of C) cleared at D) cleared through E) clear up
16. A child will die in Australian immigration detention unless the system
A) will change B) would change C) might change D) changes
E) should change
17. A plane passenger was charged after allegedly to grab the cockpit controls.
A) trying B) to try C) was trying D) tried E) have tried
18. "Apple" is due to face a US inquiry over iPhone book privacy.
A) addresses B) contact C) link D) address E) addressee
19. Seldom greater between Republican and Democrat conventions.
A) has been the divide B) has the divide been C) the divide is
D) the divide has been E) divides
20. If, in the digital age, we reduce even our consumption of paper, what hope is there for other commodities?
A) aren't B) haven't C) might D) should E) won't

Lisez le texte suivant. Complétez chaque blanc à l'aide des mots ou groupes de mots proposés à la fin du texte. Noircissez en suite la case correspondant à votre choix sur la grille de réponses.

A protest flares up in Mexico

A group of protesters **21)** to the wooden door of Mexican president Enrique Peña Nieto's ceremonial palace, in Mexico City's historic city centre, late on Saturday. They were denouncing the apparent massacre of 43 trainee teachers. The group, **22)**torches, broke away from what had been a mostly peaceful protest, demanding justice for the students, who were abducted six weeks ago. Apparently they had been murdered and incinerated by corrupt police in **23)**with drug gang members. Police **24)**the flames and enforced fencing designed to keep the protesters away from the National Palace. At **25)** , two people were injured in Saturday night's protest, local television reported. Riot police cleared the square before midnight and an ambulance was assisting the injured people.

- | | | | | | |
|------------|-------------|---------------|--------------------|--------------|----------------|
| 21. | A) set fire | B) start fire | C) extinguish fire | D) fired up | E) flamed |
| 22. | A) carrying | B) carried | C) carries | D) can carry | E) will carry |
| 23. | A) loan | B) libel | C) life | D) legacy | E) league |
| 24. | A) put out | B) put on | C) put through | D) put up | E) put against |
| 25. | A) last | B) least | C) less | D) loss | E) limit |

Lisez le texte suivant. Complétez chaque blanc à l'aide des mots ou groupes de mots proposés à la fin du texte. Noircissez en suite la case correspondant à votre choix sur la grille de réponses.

Change in euthanasia law

A change in the law that will allow terminally ill people to be helped to **26)** their lives is inevitable and will happen within as little as a couple of years, according **27)** the deputy chair of the British Medical Association. Speaking in a personal capacity, Dr Kailash Chand has **28)** his weight behind Lord Falconer's private member's bill, which **29)** assisted dying to terminally ill patients who are deemed mentally capable and are likely to have less than six months to live. On Friday, the House of Lords voted unanimously to accept an amendment to the assisted dying bill that would see all applications for assisted death subject to judicial oversight. The move **30)** by campaigners as a major step in changing the law. Chand said it was clear that momentum was now swinging behind those pushing for reform.

- | | | | | | |
|------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------|-------------|
| 26. | A) finish | B) exterminate | C) end | D) put out | E) de cease |
| 27. | A) with | B) to | C) on | D) at | E) out |
| 28. | A) thrown | B) pushed | C) balanced | D) gauged | E) felt |
| 29. | A) offering | B) would offer | C) have offered | | |
| | D) will have offered | E) has offered | | | |
| 30. | A) is welcoming | B) have been welcomed | C) was welcomed | | |
| | D) makes welcome | E) is making welcome | | | |

Lisez le texte suivant. Complétez chaque blanc avec un des mots ou groupes de mots proposés à la fin du texte. Noircissez ensuite la case correspondant à votre choix sur la grille de réponses.

Foreign language learning in Britain is frequently leaving young people with barely the skills to communicate, with almost eight out of ten learners **31)** have studied the most popular languages at school saying they can do no more **32)** understand basic phrases. Yet the apparent failure of existing courses and qualifications to embed communication skills runs **33)** a strong sense among young people of the benefits brought by languages. An ICM survey, conducted for the Guardian and British Academy, which questioned 1,001 young people aged 14-24 from across the UK in June this year, **34)** a picture of a generation perhaps surprisingly open **35)** the prospect of language learning, but often deeply under-confident in their ability to put their language studies into practice.

Schools however were perceived to deem languages as second **36)** subjects, with only just over a quarter of the young people surveyed **37)** their school considered language learning important, particularly compared with maths and English. The suggestion that current language **38)** and qualifications are not meeting the needs and ambitions of young people again stokes the debate over the purpose of learning languages and whether current qualifications meet the requirements of students, universities, employers or wider society. This debate over A-level reform is at least beginning to provoke a deeper and more serious debate about British attitudes to learning foreign languages and what the purpose of language qualifications **39)** With a clear conflict emerging in the Guardian's poll between young people's interest in languages and a sense that their studies are not **40)** their aspirations, it remains to be seen whether the reforms can rescue language study in the UK from terminal decline.

- | | | | | | |
|------------|--------------|---------------|----------------|---------------|-------------|
| 31. | A) whose | B) what | C) which | D) whom | E) who |
| 32. | A) that | B) as | C) and | D) than | E) but |
| 33. | A) alongside | B) through | C) by | D) about | E) around |
| 34. | A) draws | B) sums up | C) hangs | D) paints | E) regards |
| 35. | A) for | B) to | C) at | D) up | E) out |
| 36. | A) best | B) born | C) rate | D) tally | E) sign |
| 37. | A) believing | B) believe | C) is believed | D) to believe | E) believes |
| 38. | A) trainings | B) apprentice | C) lesson | D) lecture | E) courses |
| 39. | A) was | B) are | C) can be | D) should be | E) will be |
| 40. | A) matching | B) mastering | C) making | D) managing | E) meaning |

Complétez les phases à l'aide des mots ou groupes de mots proposés. Noircissez ensuite la case correspondant à votre choix sur la grille de réponses.

41. Plans for one of Australia's largest solar power have been scrapped, in part because of uncertainty over the future of the renewable energy target.
A) plant B) stations C) packs D) piles E) sheet
42. The Government insisted that the allocated money to all students in financial difficulties.
A) be available B) having become available
C) were available D) made available E) available
43. The African nation believed that the recently discovered mine huge deposits of gold.
A) container B) have contained C) is containing
D) was containing E) contained
44. The British government would expect passport checks Scotland and England if a looser immigration policy were adopted north of the border after independence.
A) amongst B) among C) between D) betwixt E) behind
45. With its flower boxes, cycle lanes and fairy light-strewn canals, Amsterdam provides a blissfully pleasant backdrop for a big night
A) party B) top C) out D) bloom E) spell
46. Offering a vintage living room, with retro furniture, patterned wallpaper and a jam jar of single cigarettes for sale on the bar, this club is an easy-going art school crowd venue.
A) stylish B) styling C) styled D) stile E) style
47. A of red ceramic poppies fill the moat of the Tower of London to commemorate the Fallen of the first world war.
A) cover B) sea C) bunch D) sculpture E) burst
48. Each payment, validated by the fingerprint reader on the iphone, a one-time code that's useless to hackers even if they capture it.
A) is creating B) creates C) create D) created E) were creating
49. Don't let the fashion-haters, rather pity their impossibly narrow minds that are incapable of taking an interest in more than one subject.
A) get under you B) get among you C) get on you
D) get up you E) get to you
50. Detectives have refused to comment on the of the murder but sources confirmed Yemm suffered substantial facial injuries.
A) body B) minutes C) specifics D) witnesses E) clue

Lisez le texte suivant. Complétez chaque blanc à l'aide des mots ou groupes de mots proposés. Noircissez ensuite la case correspondant à votre choix sur la grille de réponses.

Has Amelia Earhart's plane finally been found?

A metal sheet, some small bones and an "ointment pot" may be the final artifacts of Amelia Earhart's failed 1937 journey around the world, if a small group of **51)** hunters is to be believed. They could also be the remains of some other plane, the left-overs of a turtle or washed-up trash.

But the International Group for Historic Aircraft Recovery, which first found the warped bit of aluminum on a 1991 trip to the tiny atoll of Nikumaroro, in the Republic of Kiribati, says the 19inch-by-23inch slab has to be part of Earhart's Lockheed Electra aircraft, which disappeared while she **52)** over the Pacific.

The story he proposes is not implausible: the metal's rivets don't match with the Electra's design, but that's because the metal sheet remnant is actually a **53)** made to repair the aircraft after a bad landing in Miami, earlier on Earhart's trip. Gillespie's team managed to find a Miami Herald photo from 1937 which shows, over the place where a window should be, a particularly shiny piece of metal. In fact, a lab tested the metal back in 1996 and found it to be "essentially the same" 24ST Alclad aluminum that was used to cover most aircraft of the 30s, including Earhart's Electra. Gillespie says that "the mended area was as unique to her particular aircraft as a fingerprint is to an individual and the aluminum we found matches that fingerprint in many **54)**".

Under Gillespie's theory, Earhart made it to the island, sent radio signals "for at least five nights before the Electra was washed into the ocean", and eventually died there. No independent researchers have confirmed their findings.

But Gillespie insists they have found a "sonar streak" 600ft below the surface "the right size, the right shape ... in the right place to be part of the Electra", which the group has **55)** had neither the time nor funding to investigate. Gillespie admits it could also be part of a reef, a geological formation or any number of things once lodged into the seabed and now drifted away. He intends to explore the site in a 2015 expedition. Whether he turns up with Earhart's lost Electra or something else entirely, he will have a new story.

- | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 51. | A) beauty | B) wreckage | C) stag | D) gun | E) damage |
| 52. | A) flew | B) was flying | C) is flying | D) had flown | E) has flown |
| 53. | A) puncture | B) mend | C) patch | D) blot | E) smudge |
| 54. | A) respects | B) achievements | C) lines | D) metals | E) divides |
| 55. | A) so many | B) so much | C) so little | D) so few | E) so far |

Lisez le texte suivant. Complétez chaque blanc à l'aide des mots ou groupes de mots proposés. Noircissez ensuite la case correspondant à votre choix sur la grille de réponses.

BOOK REVIEW: My Life in Houses by Margaret Forster

As its jacket helpfully points out, Margaret Forster's new book is not concerned with interior design; those 56) advice about "scatter cushions" will find nothing useful here.

But what, then, is it about? This is a slightly confusing business. Ostensibly, *My Life in Houses* is a memoir in which its 57) mobile author travels from a Carlisle council estate to a villa on the "wrong side" of Hampstead Heath with stops in Oxford, Portugal and the Lake District in between. In each place, she tries to explore the emotions a house can 58) in a person: the ways in which it may be dearly loved or despised. Sometimes, too, she touches on aspects of social history as revealed by the stripping of floorboards and the ripping out of old fireplaces. In essence, it's about the warmth (or not) of home and what impact its spaces (whether cramped or expansive, attractive or ugly) may have on the life that is lived there.

But it's such a confusingly irritating book. There is a problem of tone. Forster loves to complain and 59) she has so little to complain about, at least when it comes to the places she has lived. Readers, especially those wondering if they'll ever get on the housing ladder, will feel exasperated by her moaning over such things as builders. They will frankly be appalled by her sighs in the matter of how exhausting it can be to own two homes.

Forster has sane things to say about the relationship between writing and home, and about the effect illness has on your bond with it but her invading sense of entitlement 60) of all this, the doors of her kitchen cupboards, metaphorically speaking, banging crossly on every page.

- | | | | | | |
|-----|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------|
| 56. | A) discovering | B) hoping | C) looking at | D) searching | E) seeking |
| 57. | A) downwardly | B) higher | C) upwardly | D) classy | E) climbing |
| 58. | A) stir up | B) move up | C) cry about | D) laugh about | E) moan on |
| 59. | A) moreover | B) however | C) yet | D) whatever | E) whoever |
| 60. | A) gets in the way | B) shouts the news | C) sheds the light | | |
| | D) points the finger | E) shows the path | | | |

Page laissée intentionnellement blanche

Lisez le texte suivant. Complétez chaque blanc sur le page suivant à l'aide des mots ou groupes de mots proposés. Noircissez ensuite la case correspondant à votre choix sur la grille de réponses.

Richard Branson's space tourism shows what today's obscene inequality looks like

"We would love to finish what we started some years ago. I think millions of people would one day love the chance to go to space." Richard Branson, mourning the death of the pilot killed in the Mojave desert last Friday, nevertheless **61)** to keep his eye on the prize.

It is, doubtless, what the pilot Michael Albury **62)** wanted. Or at least, one assumes that he wouldn't have wanted his death to derail the project. Whether he would have wanted it smothered in the language of bogus community spirit is a moot point. "Millions of people" ... "the chance to go to space..." – whatever they would or would not love, millions of people **63)** be able to access this chance, to borrow the language of infinite opportunity. Millions of people will never have £150,000 in disposable income.

The existence of a few hundred people who can find this kind of money relies **64)** millions of people not having it. In an unintentionally hilarious justification of the 150 grand price tag, CNN wrote: "For decades, **65)** but a few privileged and highly trained individuals could dare dream of travelling beyond Earth's orbit. All that's **66)** to change as Richard Branson brings space exploration to the (mega-rich) masses." In this version of the event, the real elitism that divides the privileged from the rest of us happens when states fund space exploration to extend the reaches of human understanding. Only the **67)** market, in the shape of Branson, can break down the battlements of elitism and let the mega-rich masses come rushing in.

Sub-orbital tourism holds a special place in the unlovely pantheon of "experience" consumption. The waste of **68)** energy could only be considered by someone who either didn't believe in climate change or didn't care. The need to see Earth **69)** a distance with your own eyes, whatever the cost, hints at an interior life as arid as the surface of the moon. When rich people start spending sums that could **70)** whole villages of cholera on a trip that extends humanity in no direction, that is probably pretty boring for a lot of the time and not dissimilar to flying overnight, the picture changes. This is what inequality actually looks like: rich people burning money on fun.

61. A) mastered B) succeeded C) minded D) managed E) enabled
62. A) would have B) are not C) to D) seems to have E) claim to
63. A) much B) more C) many D) might E) most
64. A) on B) of C) at D) in E) off
65. A) none B) not one C) nothing D) no people E) nope
66. A) sown B) settled C) seemed D) sent E) set
67. A) frozen B) free C) fruit D) fancy E) wealth
68. A) fossil-fuel B) battery C) muscle D) bio-mass E) schist
69. A) away B) long C) from D) to E) abroad
70. A) furnish B) take away C) rid D) rectify E) rise

Lisez le texte suivant. Complétez chaque blanc à l'aide des mots ou groupes de mots proposés. Noircissez ensuite la case correspondant à votre choix sur la grille des réponses.

U-turn over forests is a victory for the environment

We're constantly fed the idea that people feel hopeless about the environment, can't see a way to intervene in a political system that ignores the natural crisis we **71)**, and that the future is looking bleak.

Well, the last 24 hours have shown that we can have hope. Until Wednesday night, the Government was about to **72)** through a part of the infrastructure bill which would have cleared the way for forests to be **73)** and built over. A hidden part of a sprawling law **74)** it legal for the government to hand any public land, except that owned by the crown estates, to the Homes and Communities Agency, ready for building on.

Over 150,000 "Save our Nature" members signed a petition in a day, calling **75)** the forests to be excluded from the infrastructure bill. Thousands of people kicked up a social-media **76)** in just a few hours, tweeting peers to exclude forests. People-power did what it does best, and forced a government U-turn which will see forests protected in law. Late last night, Lord Ahmed announced there will be a new amendment tabled which will see the public forest estate excluded from **77)** land sell-offs.

The proof that we were on to something was in the government's knee-jerk reaction. They said that the government's "intention" was not to sell up on the forests, and they said they wanted to keep them in public **78)** But words are just words until they're law, and promises from ministers are no match for an Act of Parliament that will stay on the statute book for decades.

Forest campaigners, of which we're just one among many, **79)** to protect forests in law for a long time. Back in 2011, over 500,000 "Save our Nature" members forced the government to back down on plans to privatise them.

"Save our Nature" campaigns on lots of different issues, but the response to these proposals was extraordinary: this was the fastest-growing petition we've ever seen. So why do forest campaigns inspire such an passionate response? It is because woodland is used by everyone, and needed by everyone. But forests are also a symbol of the bigger challenge we face when we fight to protect the environment. This is a fight about long-term conservation over short-term **80)** And it's a fight to protect something that's taken centuries to grow, and can be destroyed in a decade.

71. A) look at B) face C) confront D) deal with E) encounter
72. A) snooze B) snipe C) sneak D) scold E) scatter
73. A) sold off B) stored up C) strung up D) struck out E) slowed down
74. A) made B) would have made C) was making D) will make E) is making
75. A) for B) about C) up D) on E) around
76. A) ball B) shout C) steam D) storm E) stone
77. A) every B) other C) each D) any E) majority
78. A) citizenship B) hardship C) ownership D) leadership E) censorship
79. A) fights B) fought C) were fighting D) are fighting
E) have been fighting
80. A) proposals B) protect C) profile D) prose E) profit

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve obligatoire de
MATHÉMATIQUES

Durée : 4 heures

Coefficient : 2



Cette épreuve comporte :

1 page de garde
2 pages d'instructions recto/verso pour remplir le QCM (*à lire très attentivement*)
8 pages de texte recto/verso

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

ÉPREUVE OBLIGATOIRE DE MATHÉMATIQUES**A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT**

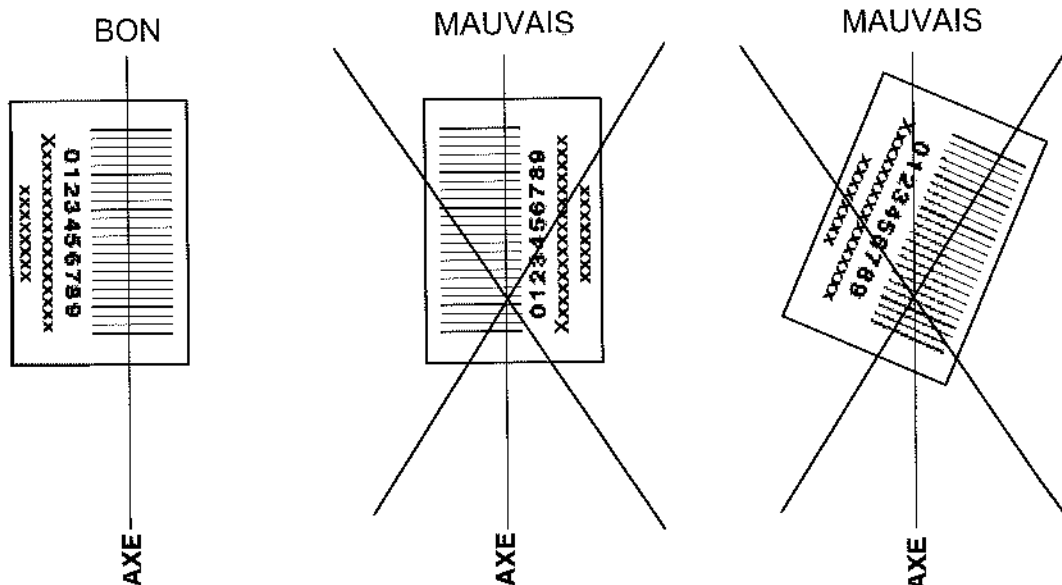
L'épreuve obligatoire de mathématiques de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez, c'est-à-dire « épreuve obligatoire de mathématiques ».

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification **à gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :

- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un STYLO BILLE ou une POINTE FEUTRE de couleur **NOIRE**.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon (ou les feuilles de brouillons qui vous sont fournies à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.

Chaque question comporte, au plus, deux réponses exactes

Tournez la page S.V.P.

- 5) A chaque question numérotée entre 1 et 40, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 41 à 100 seront neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 01 à 40, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

- soit vous décidez de ne pas traiter cette question, *la ligne correspondante doit rester vierge.*
- soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse : *vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.*
- soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes : *vous devez noircir deux des cases A, B, C, D et **deux seulement**.*
- soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne : *vous devez alors noircir la case E.*

Attention, toute réponse fausse peut entraîner pour la question correspondante une pénalité dans la note.

EXEMPLES DE RÉPONSES :

Question 1 : $1^2 + 2^2$ vaut :

A) 3 B) 5 C) 4 D) -1

Question 2 : le produit $(-1)(-3)$ vaut :

A) -3 B) -1 C) 4 D) 0

Question 3 : Une racine de l'équation $x^2 - 1 = 0$ est :

A) 1 B) 0 C) -1 D) 2

Vous marquerez sur la feuille réponse :

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E

1 Partie 1.

Cet exercice a pour but d'étudier la convergence et quelques propriétés d'intégrales contenant des fonctions exponentielles.

Si $a_1, \dots, a_n$ sont n réels, le produit $a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n$ se note : $\prod_{k=1}^n a_k$.

Si la limite $\lim_{n \rightarrow +\infty} \prod_{k=1}^n a_k$ existe, on la note : $\prod_{k=1}^{+\infty} a_k$.

On pourra utiliser les résultats suivants : $\frac{\sin(\pi x)}{\pi x} = \prod_{n=1}^{+\infty} (1 - \frac{x^2}{n^2})$ et $\int_0^{+\infty} e^{-u^2} du = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$.

- Question 1.

L'intégrale $\int_0^1 e^{-t} t^{\alpha-1} dt$ où $\alpha \in \mathbb{R}$

- A) converge car quel que soit α réel, la fonction $f : t \rightarrow e^{-t} t^{\alpha-1}$ est continue et positive sur $[0, 1]$.
- B) ne converge pas si $\alpha < 0$.
- C) ne converge que si $\alpha < 1$.
- D) converge car au voisinage de $t = 0$, $e^{-t} t^{\alpha-1}$ est équivalent à $\frac{t}{2}$.

Question 2.

L'intégrale $\int_1^{+\infty} e^{-t} t^{\alpha-1} dt$, où $\alpha \in \mathbb{R}$

- A) converge car quel que soit α réel, la fonction $f : t \rightarrow e^{-t} t^{\alpha-1}$ est continue sur $[1, +\infty[$.
- B) converge car $\lim_{t \rightarrow +\infty} t^2 e^{-t} t^{\alpha-1} = 1$.
- C) converge car $\lim_{t \rightarrow +\infty} t^2 e^{-t} t^{\alpha-1} = 0$.
- D) ne converge que si $\alpha > 0$.

- Question 3.

L'intégrale $\Gamma(\alpha) = \int_0^{+\infty} e^{-t} t^{\alpha-1} dt$ converge :

- A) pour toute valeur de α .
- B) uniquement si $\alpha < 0$.
- C) uniquement si $\alpha < 1$.
- D) uniquement si $\alpha \in [0, 1]$.

- Question 4.

On se place dans le cas où $\alpha > 0$ on a alors :

- A) $\alpha \Gamma(\alpha + 1) = \Gamma(\alpha)$.
- B) $\alpha \Gamma(\alpha + 1) = \Gamma(-\alpha)$.
- C) $\Gamma(\alpha + 1) = \alpha \Gamma(\alpha)$.
- D) $\Gamma(\alpha + 1) = (\alpha + 1) \Gamma(\alpha)$.

Question 5.

Si n est un entier positif non nul, on a :

- A) $\Gamma(n + 1) = \frac{(-1)^n}{(n + 1)!}$
- B) $\Gamma(n + 1) = \frac{1}{(n + 1)!}$
- C) $\Gamma(n + 1) = (n + 1)!$
- D) $\Gamma(n + 1) = n!$

– Question 6.

Si n est un entier positif non nul, on a :

A) $\Gamma(n + \frac{1}{2}) = \frac{(2n)! \pi}{2^{2n} n!}$. B) $\Gamma(n + \frac{1}{2}) = \frac{(2n)! \sqrt{\pi}}{2^{2n} n!}$.
 C) $\Gamma(n + \frac{1}{2}) = \frac{(2n)! n!}{2^{2n} \pi}$. D) $\Gamma(n + \frac{1}{2}) = \frac{(2n)! n!}{2^{2n} \sqrt{\pi}}$.

– Question 7.

On a :

A) $\lim_{n \rightarrow +\infty} (1 - \frac{t}{n})^n = 1$. B) $\lim_{n \rightarrow +\infty} (1 - \frac{t}{n})^n = +\infty$.
 C) $\lim_{n \rightarrow +\infty} (1 - \frac{t}{n})^n = e^t$. D) $\lim_{n \rightarrow +\infty} (1 - \frac{t}{n})^n = e^{-t}$.

– Question 8.

On se place toujours dans le cas où $\alpha > 0$, on considère : $I(\alpha) = \int_0^1 (1 - t)^n t^{\alpha-1} dt$.

En effectuant le changement de variable $u = \frac{t}{n}$ et en calculant $I(\alpha)$ par intégration par parties successives, on peut en déduire :

A) $\Gamma(\alpha) = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n!}{(\alpha+1)(\alpha+2)\dots(\alpha+n)} n^\alpha$.
 B) $\Gamma(\alpha) = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{(n-1)!}{\alpha(\alpha+1)(\alpha+2)\dots(\alpha+n-1)} n^\alpha$.
 C) $\Gamma(\alpha) = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{(n+1)!}{\alpha(\alpha+1)(\alpha+2)\dots(\alpha+n+1)} n^\alpha$.
 D) $\Gamma(\alpha) = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{n!}{\alpha(\alpha+1)(\alpha+2)\dots(\alpha+n)} n^\alpha$.

– Question 9.

On introduit $G(\alpha) = \frac{1}{\alpha} \lim_{m \rightarrow +\infty} (m^\alpha \prod_{k=1}^m \frac{k}{k+\alpha})$ dont on admettra l'existence pour tout réel α différent d'un entier négatif ou nul.

On peut alors écrire pour tout réel α non entier négatif ou nul :

A) $\Gamma(\alpha) = G(\alpha)$. B) $\frac{\Gamma(\alpha)}{\alpha} = G(\alpha)$.
 C) $\Gamma(\alpha) = \frac{G(\alpha)}{\alpha}$. D) $\Gamma(\alpha) = G(\alpha)$ seulement si $\alpha > 0$.

– **Question 10.**

En calculant le produit $G(\alpha)G(-\alpha)$, on obtient :

- A) $G(\alpha)G(-\alpha) = -\pi\alpha \frac{1}{\cos(\pi\alpha)}$ B) $G(\alpha)G(-\alpha) = -\pi\alpha^2(1 - \sin(\pi\alpha))$.
 C) $G(\alpha)G(-\alpha) = \frac{-\pi}{\alpha \sin(\pi\alpha)}$ D) $G(\alpha)G(-\alpha) = \frac{-\pi}{\alpha^2}(1 - \sin(\pi\alpha))$.

Question 11.

On suppose α strictement positif. On a alors :

- A) $G(-\alpha)$ est définie quel que soit $\alpha > 0$.
 B) $G(-\alpha)$ est définie quel que soit α entier naturel non nul.
 C) $G(-\alpha)$ n'est définie que si α est différent de $p/2$, $p \in \mathbb{N}^*$.
 D) $G(-\alpha)$ n'est définie que si α est différent de p , $p \in \mathbb{N}^*$.

Question 12.

En calculant $G(-1, 5)$ on obtient :

- A) $G(-1, 5) = \frac{4}{3}\sqrt{\pi}$ B) $G(-1, 5) = \frac{3}{4}\sqrt{\pi}$.
 C) $G(-1, 5) = \frac{4}{3\sqrt{\pi}}$ D) $G(-1, 5) = \frac{3}{4\sqrt{\pi}}$.

– **Question 13.**

En calculant $G(-\frac{1}{2})$ on obtient :

- A) $G(-\frac{1}{2}) = -\sqrt{\pi}$ B) $G(-\frac{1}{2}) = -2\sqrt{\pi}$.
 C) $G(-\frac{1}{2}) = -\frac{1}{2}\sqrt{\pi}$ D) $G(-\frac{1}{2}) = -2\pi$.

– **Question 14.**

On se place dans le cas où $\alpha = 0$ et on note quand elle existe, la fonction F définie par :

$$F(x) = \int_x^{+\infty} e^{-t} t^{-1} dt, \quad x \text{ étant un réel tel que l'intégrale converge.}$$

On a alors :

- A) F est définie sur $\mathbb{R}$.
 B) F n'est définie que sur $\mathbb{R}_+^*$.
 C) F est définie sur $\mathbb{R}_+$, mais n'est de classe C^1 que sur $\mathbb{R}_+^*$.
 D) F est de classe C^1 sur $\mathbb{R}_+^*$ et $F'(x) = -\frac{e^{-x}}{x}$ car $F(x) = \int_x^A e^{-t} t^{-1} dt + K_A$, avec $A > 0$ et K_A constante.

2 Partie 2.

Soit $P(X)$ un polynôme à coefficients réels de degré $n \geq 2$ et α est un réel quelconque. On définit la fonction f_α .

$$\forall P(X) \in \mathbb{R}_n[X], f_\alpha(P(X)) = X(X-1)P''(X) + (1+\alpha X)P'(X)$$

– **Question 15.**

L'ensemble $\mathbb{R}_n[X]$.

A) est un sous espace vectoriel de dimension n de $\mathbb{R}[X]$.

B) ne peut être un sous espace vectoriel.

C) admet pour base la famille $\{X^k(X-1)^{n-k}, 0 \leq k \leq n\}$

D) admet pour base la famille $\{(X-1)^k, 0 \leq k \leq n\}$

– **Question 16.**

La fonction f_α .

A) n'est pas linéaire.

B) est linéaire mais ne peut être un endomorphisme de $\mathbb{R}_n[X]$.

C) est une application linéaire de $\mathbb{R}_n[X]$ dans $\mathbb{R}[X]$.

D) est un endomorphisme de $\mathbb{R}_n[X]$.

Dans les questions 17 à 23, on se place dans le cas où $n = 3$.

– **Question 17.**

M_α la matrice de l'endomorphisme f_α dans la base canonique.

A) est une matrice triangulaire inférieure de $\mathcal{M}_4(\mathbb{R})$.

B) est une matrice symétrique réelle.

C) est nilpotente.

D) est une matrice carrée de $\mathcal{M}_3(\mathbb{R})$.

– **Question 18.**

Cette matrice M_α si elle existe.

A) s'écrit :

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2(1+\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & -3 & 3(2+\alpha) \end{pmatrix}$$

B) s'écrit :

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2(1+\alpha) & -3 \\ 0 & 0 & 0 & 3(2+\alpha) \end{pmatrix}$$

C) vérifie $M_\alpha^2 = \alpha M_\alpha$

D) est de rang 3 pour tout réel α .

– **Question 19.**

A) Pour tout réel α , les valeurs propres de l'endomorphisme f_α sont de multiplicité 1.

B) Si $2(1+\alpha)$ est une valeur propre de f_α , alors il faut α nécessairement différent de -1 car une valeur propre est toujours non nulle.

C) Pour tout réel α , les valeurs propres de l'endomorphisme f_α sont : α ; $2(1+\alpha)$; $3(2+\alpha)$.

D) Pour tout réel α , les valeurs propres de l'endomorphisme f_α sont : 0 ; α ; $2(1+\alpha)$; $3(2+\alpha)$.

Question 20.

De manière générale, pour qu'un endomorphisme u d'un espace vectoriel E soit diagonalisable, il faut et il suffit que :

- A) son polynôme caractéristique soit scindé et ait toutes ses racines simples.
- B) Il existe une base de vecteurs propres.
- C) les sous espaces propres de u soient tous de dimension 1.
- D) la somme des dimensions des sous espaces propres de u soit égale à la dimension de E .

Question 21.

L'endomorphisme f_α .

- A) n'est diagonalisable pour aucune valeur de α .
- B) est diagonalisable pour tout α car les valeurs propres sont toutes de multiplicité 1.
- C) est diagonalisable pour toute valeur de α car la matrice f_α est triangulaire.
- D) est diagonalisable uniquement dans le cas où α est distinct de 0; -1; -2 car un endomorphisme admettant 0 comme valeur propre n'est pas diagonalisable.

Question 22.

L'ensemble des valeurs de α pour lesquelles l'endomorphisme f_α admet au moins une valeur propre double est :

- A) vide.
- B) l'ensemble $\{0; -1; -2\}$ et 0 est la seule valeur propre double possible.
- C) l'ensemble $\{0; -1; -2; -3; -4\}$.
- D) l'ensemble $\{-3; -4\}$ puisqu'une valeur propre est nécessairement non nulle.

Question 23.

On considère N_α la matrice de f_α dans la base $\{1; 1+X; X^2+X^3; X^3\}$

- A) M_α et N_α ont le même polynôme caractéristique
- B) Il existe une matrice inversible Q telle que $N_\alpha = QM_\alpha Q^{-1}$

C) $N_\alpha = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2\alpha-1 & -3 \\ 0 & 0 & 3(2+\alpha) & 3(2+\alpha) \end{pmatrix}$

D) $M_\alpha = PN_\alpha P^{-1}$ avec $P = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Question 24.

De manière générale, pour u un endomorphisme réel d'un espace vectoriel de dimension finie E

- A) u est toujours diagonalisable.
- B) Si M et N sont deux matrices de u dans deux bases différentes alors M et N ont la même trace.
- C) Si u est une projection alors u est diagonalisable.
- D) Si u est une symétrie alors l'ensemble des valeurs propres de u est $\{1, -1\}$.

Dans les questions 25 à 27, on reprend le cas général, $n \geq 2$. •

– Question 25.

- A) Les valeurs propres de f_α sont $\lambda_k = k(\alpha + k - 1)$, pour k compris entre 0 et n .
- B) Les valeurs propres de f_α sont $\lambda_k = (k - 1)(\alpha + k - 2)$, pour k compris entre 1 et n .
- C) Pour que f_α admette une valeur propre au moins double, il faut que α soit entier compris entre $-2(n - 1)$ et 0.
- D) Il n'existe pas de réel α tel que f_α admette au moins une valeur propre double.

– Question 26.

On désigne par $\text{Ker} f_\alpha$ le noyau de f_α et par $\text{Im} f_\alpha$ l'image de f_α .

- A) Si α n'est pas dans l'intervalle $[1 - n; 0]$ alors $\dim \text{Ker} f_\alpha = 1$ car 0 est valeur propre simple de f_α .
- B) Si α est un entier de l'intervalle $[1 - n; 0]$ alors $\dim \text{Ker} f_\alpha = 2$ puisque 0 est valeur propre double de f_α et que la dimension d'un sous espace propre est toujours égale à l'ordre de multiplicité de la valeur propre (dans le polynôme caractéristique) à laquelle il est associé.
- C) Si α est un entier de l'intervalle $[1 - n; 0]$ alors $\dim \text{Im} f_\alpha = n + 1 - \dim \text{Ker} f_\alpha = n - 1$.
- D) Si α n'est pas un entier de l'intervalle $[1 - n; 0]$ alors $\text{Ker} f_\alpha$ est l'ensemble des polynômes constants.

– Question 27.

Dans cette question, $\alpha = 0$.

- A) La matrice M_0 est de rang au plus égal à $n - 1$ car 0 est valeur propre double.
- B) La matrice M_0 est de rang n car 0 est valeur propre double.
- C) L'endomorphisme f_0 est diagonalisable.
- D) L'endomorphisme f_0 n'est pas diagonalisable car $\text{Ker} f_0 = \text{Vect}\{X\}$.

– Question 28.

On se place dans cette question dans le cas où : $n = 3$ et $\alpha = -4$.

- A) L'espace propre associé à la valeur propre -4 est $\text{Vect}\{1 - 4X\}$.
- B) L'espace propre associé à la valeur propre -6 est $\text{Vect}\{X^2\}$.
- C) L'endomorphisme f_{-4} n'est pas diagonalisable car le sous espace propre associé à la valeur propre double -4 est de dimension 1.
- D) L'endomorphisme f_{-4} est diagonalisable.

3 Partie 3.

Soit n un entier naturel non nul et f une application continue de $\mathbb{R}^+$ dans $\mathbb{R}$.

On considère sur $\mathbb{R}^{+*}$: l'équation différentielle suivante :

$$(E_n) : \frac{x}{n} y' + y = f$$

et l'équation homogène :

$$(E_n^0) : \frac{x}{n} y' + y = 0$$

On définit sur $\mathbb{R}^{+*}$, l'application $F_n : x \rightarrow \frac{n}{x^n} \int_0^x t^{n-1} f(t) dt$.

Question 29.

- A) Dans le cas où f n'est pas la fonction nulle, quel que soit n un entier naturel non nul, l'ensemble des solutions de (E_n) sur $\mathbb{R}^{+*}$ est un espace vectoriel de dimension 1.
- B) Aucune fonction solution de (E_n^0) n'est de classe C^1 sur $\mathbb{R}^{+*}$.
- C) Toute fonction solution de (E_n^0) est de classe C^∞ sur $\mathbb{R}^{+*}$.
- D) Quel que soit n , il n'existe pas de polynôme non nul solution de (E_n^0) .

Question 30.

- A) L'ensemble des solutions sur $\mathbb{R}^{+*}$ de (E_n^0) est un espace vectoriel de dimension 1.
- B) Il existe n entier tel que l'application $g : x \rightarrow e^{-x^2}$ soit solution de (E_n^0) .
- C) Il n'existe pas n entier tel que l'application $h : x \rightarrow x^{-8}$ soit solution de (E_n^0) .
- D) Si f est de classe C^∞ sur $\mathbb{R}$ alors toute solution de (E_n) est de classe C^∞ sur $\mathbb{R}^{+*}$.

Question 31.

- A) F_n est continue sur $\mathbb{R}^{+*}$ et se prolonge par continuité sur $\mathbb{R}^+$ en posant $F_n(0) = f(0)$.
- B) Si f est définie par $f(x) = x$ alors F_n n'admet pas de limite en 0^+ .
- C) Si f est définie par $f(x) = x$, alors F_n admet pour dérivée à droite en 0 : $\frac{n+1}{n}$.
- D) Si f est bornée alors F_n l'est aussi.

Dans la suite, on note :

$\mathcal{F}$ l'ensemble des applications de $\mathbb{R}^+$ dans $\mathbb{R}$.

$\mathcal{C}$ l'ensemble des applications continues de $\mathbb{R}^+$ dans $\mathbb{R}$.

$\mathcal{D}$ l'ensemble des applications de classe C^1 de $\mathbb{R}^+$ dans $\mathbb{R}$.

Question 32.

On considère l'application T_n de $\mathcal{C}$ dans $\mathcal{F}$, qui à toute application f de $\mathcal{C}$ associe $\tilde{F}_n$, la fonction définie par : $\tilde{F}_n(0) = f(0)$ et si x est non nul positif alors : $\tilde{F}_n(x) = F_n(x)$.

- A) T_n est linéaire.
- B) T_n est un endomorphisme de $\mathcal{C}$.
- C) Si f est un polynôme de degré k alors $T_n(f)$ est un polynôme de degré $k+1$.
- D) Si f est croissante alors $T_n(f)$ est décroissante.

– **Question 33.**

On considère l'application T_n de $\mathcal{C}$ dans $\mathcal{F}$, qui à toute application f de $\mathcal{C}$ associe $\tilde{F}_n$, la fonction définie par : si x est non nul positif, $\tilde{F}_n(x) = F_n(x)$ et $\tilde{F}_n(0) = f(0)$.

- A) Si f tend vers 0 en $+\infty$ alors $\tilde{F}_n$ est bornée au voisinage de $+\infty$.
- B) Si f tend vers 0 en $+\infty$ alors $\tilde{F}_n$ ne tend pas vers 0 en $+\infty$.
- C) Si f tend vers une limite finie a en $+\infty$ alors $\tilde{F}_n$ tend vers a en $+\infty$.
- D) Si f tend vers $+\infty$ en $+\infty$ alors $\tilde{F}_n$ tend vers 0 en $+\infty$.

– **Question 34.**

Pour cette question, on suppose que f est définie ainsi :

$$\begin{cases} f(x) = 3x^2 - 2x^3 \text{ si } x \in [0; 1] \\ f(x) = 1 \text{ si } x > 1 \end{cases}$$

- A) f n'est pas dérivable en 0.
- B) f est dérivable en 1.
- C)

$$\begin{cases} \tilde{F}_n(x) = 3\frac{n}{n+2}x^2 - 2\frac{n}{n+3}x^3 \text{ si } x \in [0; 1] \\ \tilde{F}_n(x) = -1 + 3\frac{n}{n+2} - 2\frac{n}{n+3} + \frac{1}{x^n} \text{ si } x > 1 \end{cases}$$

- D) Pour tout x fixé dans $\mathbb{R}^+$, la suite $(\tilde{F}_n(x))$ converge vers $f(x)$.

– **Question 35.**

- A) L'application $h : x \rightarrow |x - 1|$ admet un antécédent par T_n .
- B) T_n est surjective.
- C) $T_n(f)$ est solution de (E_n) .
- D) T_n est injective car elle est surjective.

– **Question 36.**

On choisit pour cette question : $n = 1$.

- A) L'ensemble des solutions de (E_1) est : $x \rightarrow \frac{K}{x} + \frac{1}{x} \int_0^x f(t)dt$ avec $K \in \mathbb{R}$.
- B) Toute solution de (E_1) est continue sur $\mathbb{R}^{+*}$ et se prolonge par continuité en 0.
- C) Toute solution de (E_1) a une limite infinie en 0.
- D) Il n'existe pas de solution de (E_1) qui se prolonge en une fonction continue sur $\mathbb{R}^+$.

– **Question 37.**

On choisit pour cette question $n = 2$ et $f : x \rightarrow e^{-x}$.

- A) L'ensemble des solutions de (E_2) est : $x \rightarrow \frac{K + (x - 1)e^{-x}}{x^2}$ avec $K \in \mathbb{R}$.
- B) Il n'existe pas de solution de (E_2) continue sur $\mathbb{R}^+$.
- C) Il existe une solution de (E_2) ayant une limite finie en $+\infty$.
- D) Toute solution de (E_2) admet 0 comme limite en $+\infty$.

... **Question 38.**

Dans cette question, f appartient à $\mathcal{D}$.

Pour n entier naturel non nul, on considère sur $\mathbb{R}^1$ l'équation $(E'_n) : \frac{n+1}{n}y' + \frac{x}{n}y'' = f'$ et l'équation

$$(E_n'^0) : \frac{n+1}{n}y' + \frac{x}{n}y'' = 0$$

- A) Toute solution de (E'_n) est solution de (E_n') .
- B) Toute solution de (E_n') est solution de (E'_n) .
- C) $T_n(f)$ est solution de (E_n') .
- D) On peut utiliser la méthode de l'équation caractéristique d'une équation différentielle linéaire d'ordre 2 sans second membre pour trouver les solutions de $(E_n'^0)$.

– **Question 39.**

Dans les questions suivantes, on choisit $n = 1$ et $f : x \rightarrow e^{-x^2}$.

- A) Il existe une solution de (E'_1) développable en série entière au voisinage de 0.
- B) $\tilde{F}_1$ est solution de (E'_1) .
- C) Toute combinaison linéaire de deux solutions de (E'_1) est une solution de $(E_1'^0)$.
- D) L'ensemble des solutions de $(E_1'^0)$ est un espace vectoriel de dimension 1.

... **Question 40.**

S'il existe une solution de (E'_1) développable en série entière au voisinage de 0, de rayon de convergence

$R > 0$, on note cette solution : $\sum_{m=0}^{+\infty} a_m x^m$.

- A) Quel que soit l'entier impair m , $a_m = 0$
- B) Cette série entière solution a un rayon de convergence infini.
- C) Quel que soit l'entier pair m , $a_m = \frac{2(-1)^{m+1}}{m(m+1)!}$
- D) L'ensemble des solutions de $(E_1'^0)$ développables en série entière au voisinage de 0 est un espace vectoriel de dimension 2.

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



***Épreuve obligatoire de
PHYSIQUE***

Durée : 4 heures

Coefficient : 2



Cette épreuve comporte :

- 1 page de garde
- 2 pages d'instructions recto/verso pour remplir le QCM (*à lire très attentivement*)
- 1 page d'avertissements
- 13 pages de texte recto/verso

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

ÉPREUVE OBLIGATOIRE DE PHYSIQUE

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

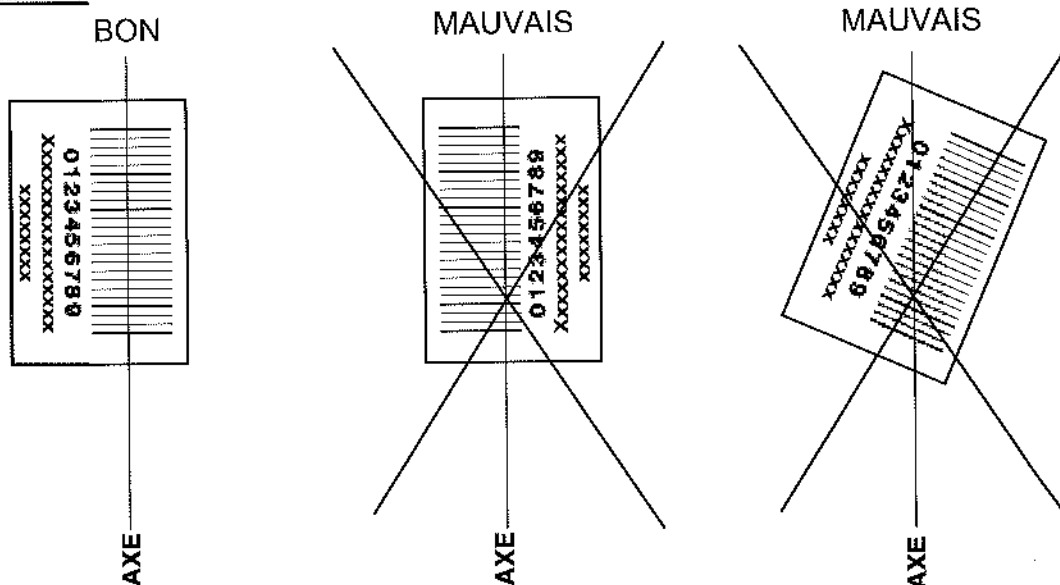
L'épreuve obligatoire de physique de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, l'**étiquette** correspondant à l'épreuve **que vous passez**, c'est-à-dire « épreuve obligatoire de physique ».

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification **à gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :

- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un STYLO BILLE ou une POINTE FEUTRE de couleur NOIRE.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon (ou les feuilles de brouillon qui vous seront fournies à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 40 questions obligatoires, certaines, de numéros consécutifs, peuvent être liées. La liste de ces questions est donnée sur la page d'avertissement.

Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.

Tournez la page S.V.P.

- 6) A chaque question numérotée entre 1 et 40, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 41 à 100 sont neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 01 à 40, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

- ▶ soit vous décidez de ne pas traiter cette question, la ligne correspondante doit rester vierge.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse : vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes : vous devez noircir deux des cases A, B, C, D et **deux seulement**.
- ▶ soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne : vous devez alors noircir la case E.

Attention, toute réponse fausse peut entraîner pour la question correspondante une pénalité dans la note.

EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :

Pour une mole de gaz réel :

- A) $\lim_{P \rightarrow 0}(PV) = RT$, quelle que soit la nature du gaz.
 B) $PV = RT$ quelles que soient les conditions de pression et température.
 C) Le rapport des chaleurs massiques dépend de l'atomicité.
 D) L'énergie interne ne dépend que de la température.

Exemple II : Question 2 :

Pour un conducteur ohmique de conductivité électrique σ , la forme locale de la loi d'OHM est :

- A) $\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\sigma}$ B) $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ C) $\vec{E} = \sigma^2 \vec{j}$ D) $\vec{j} = \sigma^2 \vec{E}$

Exemple III : Question 3 :

- A) Le travail lors d'un cycle monotherme peut être négatif.
 B) Une pompe à chaleur prélève de la chaleur à une source chaude et en restitue à la source froide.
 C) Le rendement du cycle de CARNOT est $1 + \frac{T_2}{T_1}$
 D) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

Vous marquerez sur la feuille réponse :

1	☒	☐	☒	☐	☐
	A	B	C	D	E
2	☐	☒	☐	☐	☐
	A	B	C	D	E
3	☐	☐	☐	☐	☒
	A	B	C	D	E

AVERTISSEMENTS

L'usage de calculatrices, de dispositifs connectés (téléphones portables, montre, ...) ou de documents personnels (quelque soit le format) n'est pas autorisé.

Dans certaines questions, les candidats doivent choisir la réponse parmi plusieurs valeurs numériques. Les valeurs fausses qui sont proposées sont suffisamment éloignées de la valeur exacte arrondie selon les règles habituelles, pour éliminer toute ambiguïté dans le choix de la bonne réponse.

Questions liées :

Circuit : 01 à 10

Thermodynamique : 11 à 20

Mécanique : 21 à 30

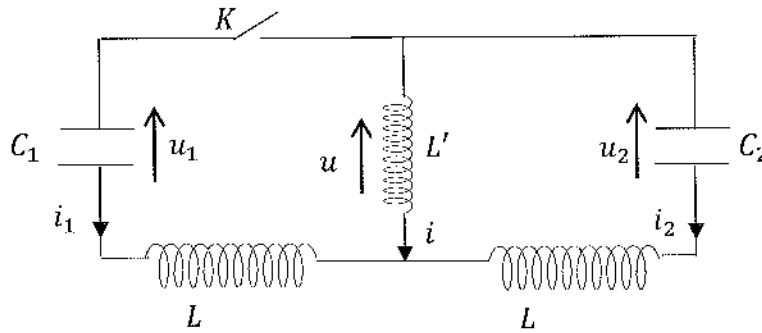
Electromagnétisme : 31 à 40

Question 1 :

On s'intéresse au circuit électrique ci-dessous, dans lequel C_1 et C_2 sont les capacités des condensateurs, et L et L' les inductances des bobines. K est un interrupteur.

A l'instant initial $t = 0$, le condensateur C_2 est déchargé, et le condensateur C_1 est chargé sous la tension u_0 , et on ferme l'interrupteur K .

On note $u_1(t)$ et $u_2(t)$, respectivement, les tensions aux bornes des condensateurs C_1 et C_2 , et $i_1(t)$ et $i_2(t)$, respectivement, les intensités traversant les condensateurs C_1 et C_2 , et tels que représentés sur le schéma ci-dessous. On note $u(t)$ la tension aux bornes de l'inductance L' .



On s'intéresse à l'évolution du système au cours du temps. Les équations suivantes sont vérifiées :

A) $i_1(t) = i_2(t)$

B) $i_1(t) = -i_2(t)$

C) $u_1(t) = \frac{1}{C_1} \frac{di_1(t)}{dt}$

D) $u_2(t) = -\frac{1}{C_2} \frac{di_2(t)}{dt}$

Question 2 :

Les équations suivantes sont vérifiées :

A) $u_2(t) + L \frac{di_2(t)}{dt} = -u(t)$

B) $u_1(t) + L \frac{di_1(t)}{dt} = u_2(t) + L \frac{di_2(t)}{dt}$

C) $u_1(t) + L \frac{di_1(t)}{dt} = u(t)$

D) $u_1(t) - u_2(t) = L \frac{di_1(t)}{dt} - L \frac{di_2(t)}{dt}$

Question 3 :

On déduit des conditions initiales :

A) $u_1(t = 0) = 0$

B) $u_2(t = 0) = u_0$

C) $u(t = 0) = 0$

D) $u(t = 0) = u_0$

Question 4 :

Les équations suivantes sont vérifiées :

A) $(L + L')C_1\ddot{u}_1 + LC_2\ddot{u}_2 + u_2 = 0$

B) $(L + L')C_1\ddot{u}_1 + L'C_2\ddot{u}_2 + u_1 = 0$

C) $(L + L')C_2\ddot{u}_2 + LC_1\ddot{u}_1 + u_2 = 0$

D) $(L + L')C_2\ddot{u}_1 + LC_1\ddot{u}_1 + u_2 = 0$

Question 5 :

Pour les questions suivantes, afin de simplifier les calculs, on posera $C_1 = C_2 = C$.

On peut mettre les équations différentielles sous la forme :

$$\begin{cases} (L + 2L')\ddot{X} + X = 0 \\ LC\ddot{Y} + Y = 0 \end{cases}$$

à condition de définir X et Y de la manière suivante :

A) $X = u_1 - u_2$

B) $Y = u_2 - u_1$

C) $X = u_1 + u_2$

D) $Y = u_1 + u_2$

Question 6 :

On note $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{(L+2L')C}}$ et $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

La résolution des équations de la question 5 permet d'obtenir les expressions des fonctions X et Y , et des tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ suivantes :

A) $X = u_0 \cos \omega_1 t$

B) $X = \frac{u_0}{2} \sin \omega_1 t$

C) $Y = \frac{u_0}{2} \cos \omega_2 t$

D) $Y = u_0 \sin \omega_2 t$

Question 7 :

On en déduit alors les expressions suivantes :

A) $u_1(t) = u_0(\cos \omega_1 t - \cos \omega_2 t)$

B) $u_2(t) = u_0(\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t)$

C) $u_1(t) = \frac{u_0}{2}(\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t)$

D) $u_2(t) = \frac{u_0}{2}(\cos \omega_1 t - \cos \omega_2 t)$

Question 8 :

Les tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ peuvent s'écrire :

A) $u_1(t) = u_0(\sin \omega_1 t - \sin \omega_2 t)$

B) $u_2(t) = u_0(\sin \omega_1 t + \sin \omega_2 t)$

C) $u_1(t) = \frac{u_0}{2}(\sin \omega_1 t + \sin \omega_2 t)$

D) $u_2(t) = \frac{u_0}{2}(\sin \omega_1 t - \sin \omega_2 t)$

Question 9 :

On se place dans le cas d'un coefficient de couplage faible, c'est-à-dire que l'on a $k = \frac{L'}{L} \ll 1$.

A) $\omega_1 \cong \omega_2(1 - 2k)$

B) $\omega_2 \cong \omega_1(1 - k)$

C) $\omega_1 \cong \omega_2(1 - k)$

D) $\omega_2 \cong \omega_1(1 + k)$

Question 10 :

On rappelle les formules trigonométriques :

$$\cos p + \cos q = 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\cos p - \cos q = -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2}$$

Dans le cas du couplage faible de la question précédente, les tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ vérifient :

A) $u_1(t)$ et $u_2(t)$ vibrent alors en opposition de phase.

B) $u_1(t)$ et $u_2(t)$ vibrent alors en quadrature de phase.

C) $u_1(t)$ et $u_2(t)$ sont représentées par une sinusoïde de période $\frac{2\pi}{\omega_2}$ modulée par une sinusoïde de période $\frac{4\pi}{\omega_2 k}$.

D) $u_1(t)$ et $u_2(t)$ sont représentées par une sinusoïde de période $\frac{4\pi}{\omega_2 k}$ modulée par une sinusoïde de période $\frac{2\pi}{\omega_2}$.

Question 11 :

Une mole de gaz parfait diatomique est enfermée dans un cylindre d'axe horizontal, fermé par un piston pouvant se déplacer sans frottement. Initialement, le gaz est dans l'état A , à la température $T_0 = 300 \text{ K}$, et à la pression $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$.

On fait subir au gaz une opération constituée par une compression isotherme réversible jusqu'à l'état B_1 caractérisé par la pression $p_1 = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, puis une détente adiabatique réversible jusqu'à l'état C_1 de pression p_0 .

On note : * $R = 8,3 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ la constante des gaz parfaits

* $\gamma = 1,4$ le rapport des capacités thermiques à pression (C_p) et volume (C_v) constants

* pour un état i : p_i sa pression, V_i son volume et T_i sa température.

* $Q_{i \rightarrow j}$ et $W_{i \rightarrow j}$ les transferts thermique et mécanique mis en jeu lors de l'opération pour aller de l'état i à l'état j .

On prendra $3^{1/1,4} \cong 2,2$ et $\ln 3 \cong 1,1$.

On rappelle que la variation d'entropie subit par n moles d'un gaz parfait entre un état i et un état j peut se mettre sous différentes formes qui sont listées ci-après, suivant que l'évolution de i à j est isotherme, isobare ou isochore. Le candidat choisira l'expression ou la combinaison d'expression adaptée(s) à la transformation étudiée.

$$\Delta S_{ij} = nR \ln \frac{V_j}{V_i} \quad \text{ou} \quad \Delta S_{ij} = nC_p \ln \frac{T_j}{T_i} \quad \text{ou} \quad \Delta S_{ij} = nC_v \ln \frac{T_j}{T_i}$$

Les différents paramètres thermodynamiques vérifient :

A) $V_A = 24,9 \text{ L}$

B) $V_{B_1} = 8,3 \text{ L}$

C) $V_A = 22,4 \text{ L}$

D) $V_{B_1} = 7,5 \text{ L}$

Question 12 :

Les différents paramètres thermodynamiques vérifient :

A) $V_{C_1} = 22,4 \text{ L}$

B) $T_{C_1} = 220 \text{ K}$

C) $V_{C_1} = 18,3 \text{ L}$

D) $T_{C_1} = 300 \text{ K}$

Question 13 :

Les transferts thermique et mécanique entre A et C_1 ont pour valeur :

A) $Q_{A \rightarrow C_1} = -2740 \text{ J}$

B) $W_{A \rightarrow C_1} = +1080 \text{ J}$

C) $Q_{A \rightarrow C_1} = +1660 \text{ J}$

D) $W_{A \rightarrow C_1} = -1660 \text{ J}$

Question 14 :

Déterminer la variation d'entropie totale ΔS_{AC_1} au cours de cette opération, ainsi que l'entropie échangée $S_{A \rightarrow C_1}^e$ et l'entropie produite $S_{A \rightarrow C_1}^p$.

A) $\Delta S_{AC_1} = -9,13 \text{ J.K}^{-1}$

B) $S_{A \rightarrow C_1}^e = -9,13 \text{ J.K}^{-1}$

C) $\Delta S_{AC_1} = +5,53 \text{ J.K}^{-1}$

D) $S_{A \rightarrow C_1}^p = +5,53 \text{ J.K}^{-1}$

Question 15 :

Le gaz étant dans l'état C_1 , on lui fait subir la même opération que précédemment, soit une compression isotherme réversible jusqu'à l'état B_2 caractérisé par la pression p_1 , puis une détente adiabatique réversible jusqu'à l'état C_2 de pression p_0 et ainsi de suite, pour n opération amenant le gaz dans l'état final C_n . Les paramètres thermodynamiques vérifient :

A) $T_{C_2} = T_{C_1}$

B) $V_{C_2} = V_{C_1}$

C) $T_{C_2} = 3T_{C_1}$

D) $V_{C_2} = 3V_{C_1}$

Question 16 :

Au bout des n opérations, on constate que le gaz a été :

- A)** Réchauffé.
 - B)** Refroidi.
 - C)** Comprimé.
 - D)** Dilaté.
-

Question 17 :

En réalité, les transformations isotherme et adiabatique ne sont pas réversibles : la pression p_1 , est maintenue sur le piston durant la transformation monotherme, puis relâchée brutalement en début de détente adiabatique, de manière à ce que seule p_o , agisse sur le piston. Toutes les grandeurs à déterminer seront indicées comme précédemment, mais seront en plus "primées". Les paramètres thermodynamiques de cette transformation vérifient :

A) $V'_{B_1} = 8,3 \text{ L}$

B) $T'_{C_1} = 220 \text{ K}$

C) $V'_{B_1} = 7,5 \text{ L}$

D) $T'_{C_1} = 300 \text{ K}$

Question 18 :

Les transferts thermique et mécanique de la transformation ont pour valeur :

A) $Q'_{A \rightarrow C_1} = -4980 \text{ J}$

B) $W'_{A \rightarrow C_1} = +4980 \text{ J}$

C) $Q'_{A \rightarrow C_1} = +2980 \text{ J}$

D) $W'_{A \rightarrow C_1} = +3800 \text{ J}$

Question 19 :

Les entropies échangée et produite lors de la transformation ont pour valeur :

A) $S'^e_{A \rightarrow C_1} = -9,13 \text{ J.K}^{-1}$

B) $S'^p_{A \rightarrow C_1} = 16,6 \text{ J.K}^{-1}$

C) $S'^e_{A \rightarrow C_1} = -16,6 \text{ J.K}^{-1}$

D) $S'^p_{A \rightarrow C_1} = 0$

Question 20 :

La variation d'entropie au cours de la transformation s'écrit :

A) $\Delta S'_{AC_1} = \frac{nR}{\gamma-1} \ln \frac{T'_{C_1}}{T_{B_1}}$

B) $\Delta S'_{AC_1} = \Delta S_{AC_1}$

C) $\Delta S'_{AC_1} = \frac{nR\gamma}{\gamma-1} \ln \frac{T'_{C_1}}{T_{B_1}}$

D) $\Delta S'_{AC_1} = 0$

Question 21 :

Dans un repère galiléen $(R) = (O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$, où $\vec{e}_z$ représente le vecteur unitaire de la verticale ascendante, une masse ponctuelle m , située en un point M , est fixée à l'extrémité libre d'un système composé d'un ressort et d'un amortisseur fluide. Le ressort est sans masse, de longueur à vide l_0 et de constante de raideur k . Son autre extrémité est fixée au point O , et on cherche à déterminer l'évolution du système ainsi que la viscosité du fluide. On note h le coefficient de proportionnalité entre la force de viscosité due au fluide sur la masse et la vitesse de la masse.

A l'instant initial $t = 0$, le ressort est confondu avec l'axe Ox , et le point M est lâché sans vitesse initiale depuis la distance d de O . Au même instant, le ressort est mis en mouvement de rotation uniforme à la vitesse angulaire Ω autour de l'axe Oz . Grâce à un système non décrit ici, la masse est astreinte à se déplacer sans frottement suivant l'axe Ox' confondu à chaque instant avec la direction du ressort. Soit $(B') = (\vec{e}_{x'}, \vec{e}_{y'}, \vec{e}_z)$, la base orthonormée directe associée et $(R') = (O, \vec{e}_{x'}, \vec{e}_{y'}, \vec{e}_z)$, le repère tournant associé au ressort.

On pourra utiliser les coordonnées cylindriques (ρ, φ, z) liés à M , ainsi que la base cylindrique associée $(B_{cyl}) = (\vec{e}_\rho, \vec{e}_\varphi, \vec{e}_z)$.

L'étude est réalisée dans le repère (R') . On note g l'accélération de la pesanteur.

Le bilan des forces fait apparaître un nombre de forces égal à :

Question 22 :

Le vecteur rotation de (R') par rapport à (R) s'écrit :

Question 23 :

Les forces suivantes interviennent dans le bilan des forces :

Question 24 :

Concernant les différentes forces :

- A) La réaction $\vec{R}$ du support sur M est totalement équilibrée par le poids de la masse.
 - B) La force d'inertie d'entraînement est nulle puisque le mouvement de rotation est uniforme.
 - C) La force d'inertie de Coriolis est nulle puisque le mouvement de rotation est uniforme.
 - D) La force de frottement visqueux est centripète.
-

Question 25 :

On déduit de la relation fondamentale de la dynamique les relations suivantes :

$$\text{A) } \vec{R} = -mg\vec{e}_z$$

$$\text{B) } \ddot{\rho} + \frac{h}{m}\dot{\rho} + \frac{k}{m}\rho = 0$$

$$\text{C) } \ddot{\rho} + \frac{h}{m}\dot{\rho} + \frac{k}{m}(\rho - l_o) = 0$$

$$\text{D) } \ddot{\rho} + \frac{h}{m}\dot{\rho} + \frac{k}{m}(\rho - l_o) - \Omega^2\rho = 0$$

Question 26 :

Le mouvement de la bille est pseudo-périodique si la vitesse de rotation vérifie la condition suivante :

$$\text{A) } \Omega < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{h}{m}\right)^2}$$

$$\text{B) } \Omega > \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{h}{m}\right)^2}$$

$$\text{C) } \Omega > \frac{1}{2}\sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{h}{m}\right)^2}$$

$$\text{D) } \Omega < \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{h}{m}\right)^2}$$

Question 27 :

Il existe une position d'équilibre l_{eq} définie par :

$$\text{A) } l_{eq} = \frac{kl_o}{m\Omega^2}$$

$$\text{B) } l_{eq} = \frac{kl_o}{k-m\Omega^2}$$

$$\text{C) } l_{eq} = l_o$$

$$\text{D) } l_{eq} = \frac{kl_o}{k+m\Omega^2}$$

Question 28 :

Dans le cas du mouvement pseudo-périodique, au bout d'un temps suffisamment long :

- A) M est en rotation uniforme dans (R) .
 - B) M est immobile dans (R) .
 - C) M est immobile dans (R') .
 - D) M oscille avec la pulsation Ω .
-

Question 29 :

Si le mouvement est apériodique critique, il est caractérisé par une constante de temps τ . On a alors :

A) $\frac{k}{m} = \Omega^2 + \left(\frac{1}{\tau}\right)^2$

B) $\tau = \frac{2m}{h}$

C) $\frac{k}{m} = \left(\Omega + \frac{1}{\tau}\right)^2$

D) $\tau = \frac{h}{2m}$

Question 30 :

Si le mouvement est apériodique, son facteur de qualité Q vérifie :

A) $Q > \frac{1}{2}$

B) $Q = \frac{\tau}{2} \sqrt{\frac{k}{m} - \Omega^2}$

C) $Q < \frac{1}{2}$

D) $Q = \frac{\tau}{2} \sqrt{\Omega^2 - \frac{k}{m}}$

Question 31 :

Une onde électromagnétique incidente plane monochromatique de pulsation ω se propage dans le vide selon la direction $\vec{e}_z$ du repère $(R) = (O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$, dans le sens des z croissants.

La direction de polarisation fait, dans le plan xOy , un angle de $+30^\circ$ avec l'axe Ox . On note k la norme du vecteur $\vec{k}$ de propagation, E_0 l'amplitude du champ électrique, c la célérité de la lumière dans le vide, μ_0 la perméabilité magnétique du vide et $j^2 = -1$.

$\vec{E}_1(M, t)$ le champ électrique réel, et $\underline{\vec{E}}_1(M, t)$ son expression complexe associée s'écrivent :

- A) $\vec{E}_1(M, t) = E_0 \frac{\sqrt{3}\vec{e}_x + \vec{e}_y}{2} \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) \right]$
 B) $\vec{E}_1(M, t) = E_0 \frac{\vec{e}_x + \sqrt{3}\vec{e}_y}{2} \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) \right]$
 C) $\underline{\vec{E}}_1(M, t) = E_0 \frac{\sqrt{3}\vec{e}_x + \vec{e}_y}{2} \exp\{-j[\omega t - kz]\}$
 D) $\underline{\vec{E}}_1(M, t) = E_0 \vec{e}_z \exp \left\{ -j \left[\omega t - k \frac{\sqrt{3}x + y}{2} \right] \right\}$

Question 32 :

Le vecteur champ magnétique (réel $\vec{B}_1(M, t)$, complexe $\underline{\vec{B}}_1(M, t)$) associé vérifie :

- A) $\vec{B}_1(M, t) = \frac{\vec{E}_1 \times \vec{k}}{\omega}$
 B) $\vec{B}_1(M, t) = \frac{\vec{k} \times \vec{E}_1}{\omega}$
 C) $\underline{\vec{B}}_1(M, t) = \frac{\vec{k} \times \underline{\vec{E}}_1}{\omega}$
 D) $\underline{\vec{B}}_1(M, t) = \frac{\vec{k} \times \underline{\vec{E}}_1}{\mu_0}$

Question 33 :

Le vecteur champ magnétique (réel $\vec{B}_1(M, t)$, complexe $\underline{\vec{B}}_1(M, t)$) s'écrit :

- A) $\vec{B}_1(M, t) = \frac{E_0}{c} \frac{\sqrt{3}\vec{e}_x + \vec{e}_y}{2} \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) \right]$
 B) $\vec{B}_1(M, t) = \frac{E_0}{c} \frac{\vec{e}_x - \sqrt{3}\vec{e}_y}{2} \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) \right]$
 C) $\underline{\vec{B}}_1(M, t) = \frac{E_0}{c} \frac{\sqrt{3}\vec{e}_x + \vec{e}_y}{2} \exp\{-j[\omega t - kz]\}$
 D) $\underline{\vec{B}}_1(M, t) = \frac{E_0}{c} \frac{\vec{e}_x - \sqrt{3}\vec{e}_y}{2} \exp \left\{ -j \left[\omega t - k \frac{\sqrt{3}x + y}{2} \right] \right\}$

Question 34 :

Rappel :

Soit deux milieux linéaires homogènes et isotropes notés 1 et 2, et caractérisés par ϵ_0 la permittivité électrique du vide, et par μ_0 . Soit $\vec{e}_{N_{1 \rightarrow 2}}$ le vecteur unitaire de la normale à la surface de séparation entre ces deux milieux, orientée de 1 vers 2. On rappelle les équations de passage à la traversée de la surface pour le champ électrique et le champ magnétique :

$$\begin{aligned}(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) \cdot \vec{e}_{N_{1 \rightarrow 2}} &= \frac{\sigma}{\epsilon_0} \\ (\vec{B}_2 - \vec{B}_1) \times \vec{e}_{N_{1 \rightarrow 2}} &= -\mu_0 \vec{J}_s\end{aligned}$$

σ est la densité surfacique de charge sur la surface de séparation, et $\vec{J}_s$ est le vecteur densité surfacique de courant.

L'onde incidente se propageant dans le vide tombe alors sous incidence normale, sur un milieu conducteur caractérisé par ϵ_0 , μ_0 et la conductivité γ . On suppose que la polarisation du champ électrique est conservée. Les propriétés suivantes sont vérifiées :

- A) En pénétrant dans le milieu, la pulsation ω de l'onde est modifiée.
- B) En pénétrant dans le milieu, la norme k du vecteur d'onde est modifiée.
- C) Si γ est infinie, le champ électrique est totalement transmis.
- D) Si γ est infinie, le champ électrique est totalement réfléchi.

Question 35 :

A la traversée de la surface, il y a :

- A) Continuité de la composante normale du champ électrique.
 - B) Discontinuité de la composante tangentielle du champ électrique.
 - C) Continuité de la composante normale du champ magnétique.
 - D) Discontinuité de la composante tangentielle du champ magnétique.
-

Question 36 :

On s'intéresse à l'onde monochromatique qui est transmise dans le milieu conducteur neutre, et on suppose que son champ électrique $\vec{E}_2(M, t)$ a les mêmes directions de polarisation et de propagation que pour l'onde incidente.

Soit K la norme de son vecteur propagation. On note $\vec{B}_2(M, t)$ le champ magnétique associé.

- A) $\vec{B}_2(M, t) = \frac{E_0}{c} \frac{\sqrt{3}\vec{e}_x + \vec{e}_y}{2} \cos\left[\omega\left(t - \frac{z}{c}\right)\right]$
- B) $\vec{B}_2(M, t) = \frac{E_0}{c} \frac{\vec{e}_x - \sqrt{3}\vec{e}_y}{2} \cos\left[\omega\left(t - \frac{z}{c}\right)\right]$
- C) $\vec{B}_2(M, t) = \frac{E_0}{c} \frac{\sqrt{3}\vec{e}_x + \vec{e}_y}{2} \exp\{-j[\omega t - Kz]\}$
- D) $\vec{B}_2(M, t) = \frac{E_0}{c} \frac{\vec{e}_x - \sqrt{3}\vec{e}_y}{2} \exp\left\{-j\left[\omega t - K\frac{\sqrt{3}x+y}{2}\right]\right\}$
-

Question 37 :

L'équation de dispersion dans le milieu s'écrit :

A) $K^2 = \frac{\omega^2}{c^2}$

B) $K^2 = \frac{\omega^2}{c^2} + j\mu_0\gamma\omega$

C) $K^2 = j\mu_0\gamma\omega$

D) $K^2 = \frac{\omega^2}{c^2} - j\mu_0\gamma\omega$

Question 38 :

Dans le cas d'un bon conducteur, la résolution de l'équation de dispersion montre que l'amplitude du champ électrique diminue au cours de la propagation. On définit l'épaisseur de peau δ par :

A) $\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0\gamma\omega}}$

B) $\delta = \sqrt{\frac{1}{\mu_0\gamma\omega}}$

C) $\delta = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\omega}{\gamma}}$

D) $\delta = \sqrt{\frac{\varepsilon_0\omega}{\gamma}}$

Question 39 :

La vitesse de phase v_φ et la vitesse de groupe v_g de l'onde dans le milieu vérifient :

A) $v_\varphi = c$

B) $v_g = \frac{d\omega}{dK}$

C) $v_\varphi = \frac{K}{\omega}$

D) $v_g = \frac{dK}{d\omega}$

Question 40 :

La vitesse de phase v_φ et la vitesse de groupe v_g de l'onde dans le milieu ont pour expression :

A) $v_\varphi = \sqrt{\frac{2\omega}{\mu_0\gamma}}$

B) $v_g = \sqrt{\frac{2\omega}{\epsilon_0\gamma}}$

C) $v_\varphi = \sqrt{\frac{\mu_0\gamma}{2\omega}}$

D) $v_g = \sqrt{\frac{2\epsilon_0\omega}{\gamma}}$

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve obligatoire à option

PHYSIQUE

Durée : 4 heures

Coefficient : 3



Cette épreuve comporte :

1 page de garde
2 pages d'instructions pour remplir le QCM recto/verso (*à lire très attentivement*)
1 page d'avertissements
8 pages de texte recto/verso

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

ÉPREUVE OBLIGATOIRE A OPTION DE PHYSIQUE

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve obligatoire à option de physique de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

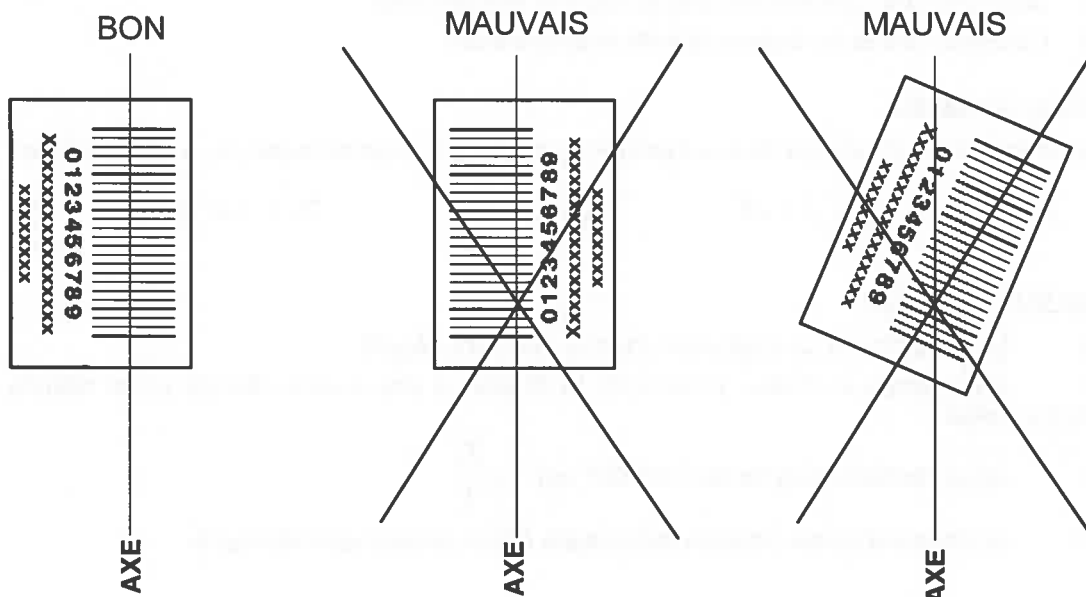
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, l'**étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez**, c'est-à-dire « épreuve obligatoire à option de physique ».

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification **à gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :



- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un STYLO BILLE ou une POINTE FEUTRE de couleur NOIRE.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon (ou les brouillons qui vous seront fournis à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 40 questions obligatoires, certaines, de numéros consécutifs, peuvent être liées. La liste de ces questions est donnée sur la page d'avertissements.

Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.

Tournez la page S.V.P.

- 6) A chaque question numérotée entre 1 et 40, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 41 à 100 sont neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 01 à 40, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

- soit vous décidez de ne pas traiter cette question, la ligne correspondante doit rester vierge.
- soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse : vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.
- soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes : vous devez noircir deux des cases A, B, C, D et deux seulement.
- soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne : vous devez alors noircir la case E.

Attention, toute réponse fausse peut entraîner pour la question correspondante une pénalité dans la note.

EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :

Pour une mole de gaz réel :

- A) $\lim_{P \rightarrow 0}(PV) = RT$, quelle que soit la nature du gaz.
- B) $PV = RT$ quelles que soient les conditions de pression et température.
- C) Le rapport des chaleurs massiques dépend de l'atomicité.
- D) L'énergie interne ne dépend que de la température.

Exemple II : Question 2 :

Pour un conducteur ohmique de conductivité électrique σ , la forme locale de la loi d'OHM est :

- A) $j = \frac{E}{\sigma}$ B) $j = \sigma E$ C) $E = \sigma^2 j$ D) $j = \sigma^2 E$

Exemple III : Question 3 :

- A) Le travail lors d'un cycle monotherme peut être négatif.
- B) Une pompe à chaleur prélève de la chaleur à une source chaude et en restitue à la source froide.
- C) Le rendement du cycle de CARNOT est $1 + \frac{T_2}{T_1}$
- D) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

Vous marquerez sur la feuille réponse :

1	☒	☐	☒	☐	☐
	A	B	C	D	E
2	☐	☒	☐	☐	☐
	A	B	C	D	E
3	☐	☐	☐	☐	☒
	A	B	C	D	E

AVERTISSEMENTS

Les calculatrices sont interdites pour cette épreuve. Dans certaines questions, les candidats doivent choisir entre plusieurs valeurs numériques. Les valeurs fausses qui sont proposées ont des ordres de grandeur suffisamment différents de la valeur exacte arrondie selon les règles habituelles, afin d'éliminer toute ambiguïté dans le choix de la bonne réponse.

Conformément aux notations internationales, les vecteurs sont représentés en caractères gras.

QUESTIONS LIEES

Quantique : questions 1 à 7

Thermique : questions 8 à 14

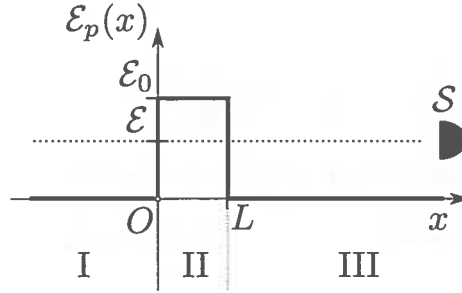
Mécanique : questions 15 à 21

Onde électromagnétisme : questions 22 à 28

Optique : questions 29 à 34

Électrostatique : questions 35 à 40

1. Une source S émet avec un débit $q_s = 10^5 \text{ s}^{-1}$ constant, des objets physiques d'énergie $\mathcal{E}$ et de masse m dans le sens d'un axe Ox décroissant. Ils sont soumis à une barrière d'énergie potentielle $\mathcal{E}_p(x)$ de hauteur $\mathcal{E}_0 > \mathcal{E}$ stationnaire de largeur L (Fig. ci-après).



On décrit quantiquement ces objets par une fonction d'onde à une dimension $\underline{\Psi}(x, t)$. On donne l'équation de Schrodinger :

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \underline{\Psi}}{\partial x^2} + \mathcal{E}_p(x) \underline{\Psi} = i\hbar \frac{\partial \underline{\Psi}}{\partial t}$$

i étant l'unité imaginaire ($i^2 = -1$), $\hbar$ la constante de Planck réduite, t désignant le temps. L'espace est divisé en trois régions :

$$\begin{aligned} \text{I :} & \quad x < 0 & \mathcal{E}_p(x) &= 0 \\ \text{II :} & \quad 0 \leq x \leq L & \mathcal{E}_p(x) &= \mathcal{E}_0 & \text{avec } \mathcal{E} < \mathcal{E}_0 \\ \text{III :} & \quad x > L & \mathcal{E}_p(x) &= 0 \end{aligned}$$

Indiquer l'éventuelle ou les éventuelles réponses exactes :

- A) La région I est classiquement accessible. C) La région II est classiquement accessible.
B) La région I est classiquement inaccessible. D) La région II est classiquement inaccessible.
2. On cherche les états stationnaires d'énergie sous la forme $\underline{\Psi}(x, t) = \underline{\psi}(x) \exp(-i\mathcal{E}t/\hbar)$. Dans les régions I, II et III, $\underline{\psi}(x)$ s'écrit respectivement $\underline{\psi}_I(x)$, $\underline{\psi}_{II}(x)$ et $\underline{\psi}_{III}(x)$:

$$\begin{aligned} \underline{\psi}_I(x) &= \underline{A}_1 \exp(ikx) + \underline{B}_1 \exp(-ikx) \\ \underline{\psi}_{II}(x) &= \underline{A}_2 \exp(\alpha x) + \underline{B}_2 \exp(-\alpha x) \\ \underline{\psi}_{III}(x) &= \underline{A}_3 \exp(ikx) + \underline{B}_3 \exp(-ikx) \end{aligned}$$

où $\underline{A}_m$ et $\underline{B}_m$ ($m = 1, 2$ ou 3), k et α sont des constantes. Exprimer k et α .

$$\begin{aligned} \text{A) } k &= \frac{(2m\mathcal{E})^{1/2}}{\hbar} & \text{C) } \alpha &= \frac{(2m\mathcal{E})^{1/2}}{\hbar} \\ \text{B) } k &= \frac{[2m(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E})]^{1/2}}{\hbar} & \text{D) } \alpha &= \frac{[2m(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E})]^{1/2}}{\hbar} \end{aligned}$$

3. Indiquer l'éventuelle ou les éventuelles réponses exactes :

$$\text{A) } \underline{A}_1 = 0 \quad \text{B) } \underline{B}_1 = 0 \quad \text{C) } \underline{A}_3 = 0 \quad \text{D) } \underline{B}_3 = 0$$

4. Le rapport des amplitudes $\underline{B}_1/\underline{B}_3$ vaut :

$$\frac{\underline{B}_1}{\underline{B}_3} = \frac{2 \exp(-ikL)}{\exp(\alpha L) + \exp(-\alpha L) + iM[\exp(\alpha L) - \exp(-\alpha L)]} \quad \text{avec } M = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{k} - \frac{k}{\alpha} \right)$$

Le facteur de transmission T en intensité, à travers une barrière épaisse ($\alpha L \gg 1$) se met sous la forme suivante :

$$T = T_0 \exp(\eta \alpha L)$$

où T_0 est fonction de M uniquement et η est un entier relatif.

Exprimer T_0 et η .

A) $T_0 = \frac{4}{1+M^2}$

B) $T_0 = 4 + M^2$

C) $\eta = -1$

D) $\eta = -2$

5. On peut montrer que :

$$T_0 = \frac{16\mathcal{E}(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E})}{\mathcal{E}_0^2}$$

Calculer $\mathcal{E}_0$ sachant que $\exp(\eta\alpha L) \approx 10^{-4}$, $T = 0,04\%$ et $\mathcal{E} = 5 \text{ eV}$.

A) $\mathcal{E}_0 = 100 \text{ eV}$

B) $\mathcal{E}_0 = 50 \text{ eV}$

C) $\mathcal{E}_0 = 20 \text{ eV}$

D) $\mathcal{E}_0 = 10 \text{ eV}$

6. Quel est alors le débit q_f d'objets physiques traversant la barrière?

A) $q_f = 1 \text{ s}^{-1}$

B) $q_f = 40 \text{ s}^{-1}$

C) $q_f = 2 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$

D) $q_f = 4 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$

7. Indiquer la ou les éventuelles réponses exactes :

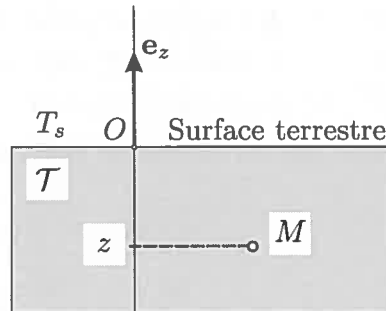
A) Il est possible de mesurer simultanément la position et la vitesse d'une particule dans la région I.

B) Il est possible de mesurer simultanément la position et la vitesse d'une particule dans la région II.

C) Il est possible de mesurer simultanément la position et la vitesse d'une particule dans la région III.

D) L'effet tunnel est purement classique (non-quantique).

8. La Terre $\mathcal{T}$ est assimilée à un milieu homogène de conductivité thermique λ , de masse volumique ρ_m et de capacité thermique massique à pression constante c_p . Toutes ces quantités sont supposées indépendantes de la pression et de la température. On adopte une géométrie unidimensionnelle dans laquelle on supposera que les échanges thermiques s'effectuent par conduction le long d'un axe vertical ascendant $O\mathbf{e}_z$, de l'intérieur de la Terre vers sa surface, en obéissant à la loi de Fourier (Fig. ci-après). On désigne par $T(z, t)$ la température à l'instant t en un point M de la Terre ayant pour cote z ($z < 0$). On suppose que la Terre s'est formée à un instant pris comme origine des dates alors qu'elle possédait une température uniforme $T(z, t = 0) = T_i$. L'environnement terrestre est assimilé à un thermostat qui maintient à la surface de $\mathcal{T}$, une température T_s permanente depuis sa formation.



L'équation de diffusion thermique s'écrit :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

Exprimer κ :

A) $\kappa = \frac{\rho_m}{\lambda}$

B) $\kappa = \frac{c_p \rho_m}{\lambda}$

C) $\kappa = \frac{\lambda}{\rho_m c_p}$

D) $\kappa = \lambda$

9. Le flux thermique volumique $\mathbf{j} = j_z(z, t) \mathbf{e}_z$ est donné par l'équation aux dérivées partielles suivantes :

$$\frac{\partial j_z}{\partial t} = D \frac{\partial^n j_z}{\partial z^n}$$

n étant un entier positif.

Exprimer n et D .

- A) $D = -\kappa$ B) $D = \frac{1}{\kappa}$ C) $n = 0$ D) $n = 1$

10. On envisage la solution suivante de l'équation précédente :

$$j_z(z, t) = \frac{a}{t^{1/2}} \exp\left(-\frac{z^2}{bt}\right)$$

Exprimer b :

- A) $b = \frac{1}{D}$ B) $b = 2D$ C) $b = 4D$ D) $b = \frac{4}{D}$

11. Exprimer la dimension physique $\dim a$ de a , en fonction des dimensions physiques fondamentales de masse M , de longueur L et de durée T .

- A) $\dim a = MT^{-5/2}$ B) $\dim a = MT^{-3}$ C) $\dim a = MLT^{-3/2}$ D) $\dim a = MLT^{-5/2}$

12. Le coefficient a se met sous la forme suivante: $a = \lambda \alpha (T_i - T_s)^\beta D^\gamma$ où α est un facteur (nombre sans dimension physique). Exprimer β et γ .

- A) $\beta = 1$ B) $\beta = 2$ C) $\gamma = -\frac{1}{2}$ D) $\gamma = \frac{1}{2}$

13. On note $\eta_T(t)$ le gradient thermique de surface à l'instant t :

$$\eta_T(t) = \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right) (z = 0^-, t)$$

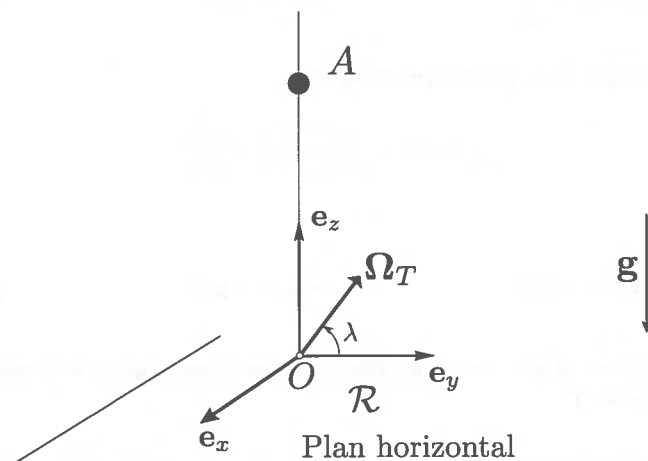
Exprimer l'âge t_a de la Terre en fonction de $\eta_a = \eta_T(t_a)$, T_i , T_s , α et D .

- A) $t_a = \frac{(T_i - T_s)^2}{D\eta_a^2} \alpha^2$ B) $t_a = \frac{T_i - T_s}{D\alpha\eta_a}$ C) $t_a = \frac{(T_i - T_s)^2}{4D\alpha^2\eta_a^2}$ D) $t_a = \frac{T_i - T_s}{2D\alpha\eta_a^2}$

14. Sachant que $D \approx 10^{-6}$ SI, $\alpha \approx 1$, $T_i - T_s \approx 10^3$ K et que, aujourd'hui, $\eta_T \approx 0,03$ K.m⁻¹, calculer numériquement l'âge t_a de la Terre dans cadre du modèle précédent (on prendra 1 an $\approx 3 \times 10^7$ s).

- A) $t_a \approx 3 \times 10^5$ ans B) $t_a \approx 3 \times 10^7$ ans C) $t_a \approx 3 \times 10^9$ ans D) $t_a \approx 3 \times 10^{11}$ ans

15. Une masselotte A de masse m est en chute libre dans le champ de pesanteur terrestre $\mathbf{g} = -g\mathbf{e}_z$ supposé uniforme et d'intensité g . On étudie le mouvement de A dans le référentiel $\mathcal{R}$ du laboratoire supposé *non* galiléen, en rotation uniforme autour de l'axe polaire de la Terre à la vitesse angulaire Ω_T par rapport au référentiel géocentrique supposé galiléen. On désigne par x, y, z les coordonnées de A dans le repère $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$, le plan $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$ étant horizontal. On pose $\Omega_T = \|\Omega_T\|$. Le vecteur Ω_T forme un angle λ (angle de latitude) avec le plan horizontal et est contenu dans le plan méridien $(O, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$ (Fig. ci-après). On néglige les frottements de l'air. La masselotte est abandonnée à un instant $t_0 = 0$ pris comme origine du temps t , sans vitesse, à une hauteur z_0 sur l'axe $O\mathbf{e}_z$.



Indiquer l'éventuelle ou les éventuelles équations correctes du mouvement.

- A) $\ddot{x} = \Omega_T (\dot{z} \sin \lambda - \dot{y} \cos \lambda)$ C) $\ddot{y} = 2\Omega_T (\dot{x} \cos \lambda - \dot{z} \sin \lambda)$
 B) $\ddot{x} = 2\Omega_T (\dot{y} \sin \lambda - \dot{z} \cos \lambda)$ D) $\ddot{y} = \Omega_T (\dot{z} \cos \lambda - \dot{x} \sin \lambda)$
16. Quelle équation relie $\dot{y}$ à x ?
 A) $\dot{y} = -\Omega_T x \cos \lambda$ B) $\dot{y} = -2\Omega_T x \sin \lambda$ C) $\dot{y} = \Omega_T x \sin \lambda$ D) $\dot{y} = -2\Omega_T x \cos \lambda$
17. Quelle équation obtient-on entre $\dot{z}$, t et les autres coordonnées de position ?
 A) $\dot{z} = -gt$ B) $\dot{z} = \Omega_T x \cos \lambda - gt$ C) $\dot{z} = 2\Omega_T y \cos \lambda - gt$ D) $\dot{z} = 2\Omega_T x \cos \lambda - gt$
18. En utilisant les équations précédentes, on trouve :

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = \kappa \Omega_T g t$$

où κ est un facteur numérique. Exprimer κ et ω_0 .

- A) $\kappa = 1$ B) $\kappa = 2 \cos \lambda$ C) $\omega_0 = \Omega_T$ D) $\omega_0 = 2\Omega_T$
19. En intégrant, on trouve :

$$x(t) = A_1 \cos(\omega_0 t) + A_2 \sin(\omega_0 t) + Bt$$

où A_1 et A_2 et B sont des constantes. Exprimer A_1 et A_2 .

- A) $A_1 = 0$ B) $A_1 = \frac{g \sin \lambda}{4\Omega_T^2}$ C) $A_2 = 0$ D) $A_2 = -\frac{g \cos \lambda}{4\Omega_T^2}$

20. En supposant $\omega_0 t \ll 1$ et sachant que $\sin \epsilon \approx \epsilon - \epsilon^3/6$ si $\epsilon \ll 1$, exprimer $x(t)$:

A) $x(t) \approx \frac{\Omega_T g \sin \lambda}{2} t^3$

C) $x(t) \approx \frac{\Omega_T g \cos \lambda}{3} t^3$

B) $x(t) \approx \frac{\Omega_T g \cos \lambda}{6} t^3$

D) $x(t) \approx (\Omega_T g \cos \lambda) t^3$

21. Pour $\lambda = \pi/3$ rad, $\Omega_T \approx 7,4 \times 10^{-5} \text{ rad.s}^{-1}$, $z_0 = 80 \text{ m}$ et $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$, évaluer la durée de chute τ_c ainsi que la déviation $x_d = x(\tau_c)$.

A) $\tau_c \approx 2 \text{ s}$

B) $\tau_c \approx 4 \text{ s}$

C) $x_d \approx 8 \text{ mm}$

D) $x_d \approx 10 \text{ cm}$

22. On considère un plasma, c'est-à-dire un milieu ionisé, constitué d'électrons (charge $-e$ et masse m_e) et d'ions (charge e et masse $m \gg m_e$) non électriquement liés. Le milieu est localement neutre et macroscopiquement immobile dans le référentiel du laboratoire, supposé galiléen, et muni d'un repère cartésien $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$. On désigne par n_v le nombre volumique d'électrons en un point M de coordonnées (x, y, z) . Le milieu est soumis au champ électrique $\mathbf{E}(M)$ sinusoïdal d'une onde électromagnétique, que l'on note en représentation complexe :

$$\underline{\mathbf{E}}(M) = E_m \exp[-i(\omega t - \underline{k}z)] \mathbf{e}_x$$

E_m étant l'amplitude du champ, i l'unité imaginaire ($i^2 = -1$), ω la pulsation et $\underline{k}$ le nombre d'onde complexe, t désignant le temps. On néglige l'influence du champ de pesanteur et de la composante magnétique de la force de Lorentz.

Indiquer l'éventuelle ou les éventuelles réponses exactes :

A) La force magnétique est toujours négligeable.

B) La force magnétique est négligeable si les électrons sont non relativistes.

C) Le déplacement des électrons est faible devant celui des ions.

D) La composante électrique de la force de Lorentz dépend de la vitesse de la particule chargée.

23. En négligeant le mouvement des ions, quelle relation existe-t-il entre le courant volumique complexe $\underline{\mathbf{J}}(M)$ et la vitesse complexe d'un électron $\underline{\mathbf{v}}$? Que vaut la conductivité $\underline{\gamma}$ du milieu ?

A) $\underline{\mathbf{J}}(M) = -n_v e \underline{\mathbf{v}}$

B) $\underline{\mathbf{J}}(M) = n_v \underline{\mathbf{v}}$

C) $\underline{\gamma} = i\omega n_v e$

D) $\underline{\gamma} = i \frac{n_v e^2}{m_e \omega}$

24. Comment s'écrit la relation de dispersion, à l'aide d'une constante ω_p et de la constante d'Einstein c (vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide) ?

A) $\underline{k} = \frac{\omega_p^2}{\omega c}$

B) $\underline{k}^2 = \frac{\omega^2 - \omega_p^2}{c^2}$

C) $\underline{k}^2 = \frac{\omega_p^2 - \omega^2}{c^2}$

D) $\underline{k} = \frac{\omega^2}{\omega_p c}$

25. Exprimer ω_p . On note ϵ_0 la permittivité du vide :

A) $\omega_p = \frac{m n_v e^2}{\epsilon_0}$

B) $\omega_p = \frac{n_v e^2}{m_e \epsilon_0}$

C) $\omega_p = \frac{n_v e^2}{m \epsilon_0}$

D) $\omega_p = \left(\frac{n_v e^2}{m_e \epsilon_0} \right)^{1/2}$

26. Exprimer, lorsque $\omega > \omega_p$, l'indice optique n du milieu ainsi que la vitesse de phase v_φ de l'onde électromagnétique.

A) $n = \frac{\omega_p}{\omega}$

B) $n = \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right)^{1/2}$

C) $v_\varphi = c$

D) $v_\varphi = \frac{c}{n}$

27. Le plasma occupe le demi-espace $z > 0$, l'autre demi-espace étant vide. On se place dans le cas où $\omega < \omega_p$. Quelle est l'expression réelle du champ électrique dans le plasma? On note $k_0 = \omega/c$. On introduira une constante χ dont on précisera l'expression.

A) $\mathbf{E} = E_m \cos(\omega t - k_0 \chi z) \mathbf{e}_x$

C) $\mathbf{E} = E_m \exp(-k_0 \chi z) \cos(\omega t) \mathbf{e}_x$

B) $\chi = \frac{\omega}{\omega_p}$

D) $\chi = \left(\frac{\omega_p^2}{\omega^2} - 1 \right)^{1/2}$

28. Que vaut alors le champ magnétique $\mathbf{B}$ dans le milieu? En déduire la valeur moyenne $\overline{\mathbf{R}}$ du vecteur de Poynting.

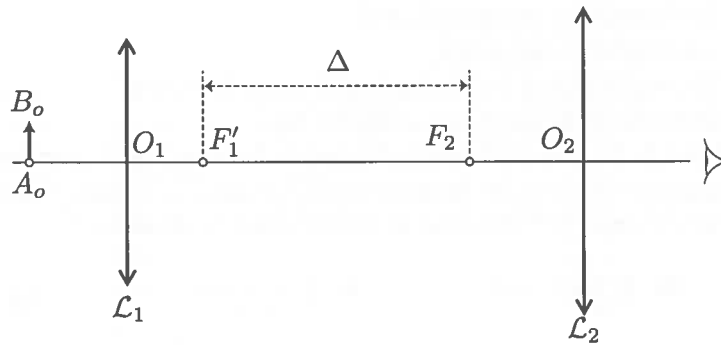
A) $\mathbf{B} = \frac{\chi E_m}{c} \exp(-k_0 \chi z) \sin(\omega t) \mathbf{e}_y$

C) $\overline{\mathbf{R}} = 0$

B) $\mathbf{B} = \frac{E_m}{c} \cos(\omega t - k_0 \chi z) \mathbf{e}_y$

D) $\overline{\mathbf{R}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c \chi E_m^2 \mathbf{e}_z$

29. Un microscope est constitué d'un objectif assimilé à une lentille mince convergente $\mathcal{L}_1$ de centre O_1 , de distance focale $f'_1 = 50$ mm, de foyer principal image F'_1 , associé à un oculaire également assimilé à une lentille mince convergente $\mathcal{L}_2$ de centre O_2 , de distance focale $f'_2 = 5$ mm et de foyer principal objet F_2 (Fig. ci-après, où l'échelle n'est pas respectée). La distance $\Delta = F'_1 F_2$ est fixée par construction à 16 cm. L'instrument forme, d'un objet $A_o B_o$, une image intermédiaire par l'objectif $A_1 B_1$, reprise par l'oculaire qui en donne une image $A_2 B_2$.



On donne la relation de conjugaison de Descartes, de Newton et le grandissement transversal G_t pour une lentille mince de distance focale image f_i :

$$-\frac{1}{p_o} + \frac{1}{p_i} = \frac{1}{f_i} \quad \sigma_o \sigma_i = -f_i^2 \quad G_t = \frac{p_i}{p_o} = -\frac{\sigma_i}{f_i}$$

où p_o et p_i sont les distances algébriques de l'objet et de l'image au centre de la lentille et σ_o et σ_i sont les distances algébriques respectives de l'objet au foyer principal objet et de l'image au foyer principal image. Quelle est l'ordre de grandeur de la limite de résolution angulaire θ_l de l'œil et de la distante minimale d_m d'accommodation d'un œil normal?

A) $\theta_l \approx 1'$

B) $\theta_l \approx 1^\circ$

C) $d_m \approx 7$ cm

D) $d_m \approx 25$ cm

30. On définit le grossissement G du microscope par le rapport positif de l'angle sous lequel on voit l'objet à travers l'instrument (en supposant $A_2 B_2$ rejeté à l'infini) sur l'angle sous lequel on voit l'objet en l'observant au punctum proximum de l'œil. Exprimer G .

A) $G = \frac{d_m A_1 B_1}{f'_2 A_o B_o}$

B) $G = \frac{d_m A_1 B_1}{f'_1 A_o B_o}$

C) $G = \frac{f'_2 A_1 B_1}{d_m A_o B_o}$

D) $G = \frac{d_m A_o B_o}{f'_2 A_1 B_1}$

31. Quelle est la valeur numérique de G ?

- A) $G = 25$ B) $G = 100$ C) $G = 160$ D) $G = 500$

32. À quelle distance d_2 de O_2 trouve-t-on l'image de la monture de l'objectif par l'oculaire ?

- A) $d_2 \approx 25 \text{ cm}$ B) $d_2 \approx 5 \text{ mm}$ C) d_2 est infini D) $d_2 \approx 2 \text{ m}$

33. L'œil se situe désormais dans le plan focal image de l'oculaire. À quelle distance d_1 positive en avant de l'objectif doit se trouver $A_o B_o$ afin que l'image à travers le microscope soit au punctum proximum de l'œil ?

- A) $d_1 = f'_1 + \frac{f'_1 f'_2}{\Delta + f'^2_2 / d_m}$ C) $d_1 = f'_1 + \frac{f'^2_1}{\Delta + f'^2_2 / d_m}$
 B) $d_1 = f'_1 - \frac{f'^2_2}{\Delta - f'^2_2 / d_m}$ D) $d_1 = f'_1 - \frac{f'_1 f'_2}{\Delta - f'^2_2 / d_m}$

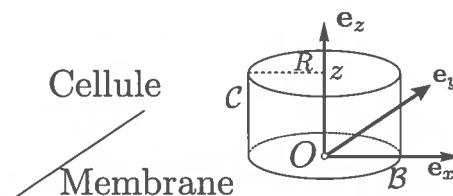
34. Depuis la position précédente de l'objet, de quelle distance ϵ faut-il déplacer le système rigide $\{\mathcal{L}_1 \mathcal{L}_2\}$ pour que l'image se trouve à nouveau rejetée à l'infini ? On tiendra compte de l'ordre de grandeur suivant : $f'_2 \ll (\Delta d_m)^{1/2}$.

- A) $\epsilon \approx \frac{f'_1 f'^2_2}{\Delta d_m}$ B) $\epsilon \approx \frac{f'^2_1 f'_2}{\Delta d_m}$ C) $\epsilon \approx \frac{f'^2_1 f'^2_2}{\Delta^2 d_m}$ D) $\epsilon \approx \frac{f'_1 f'_2}{d_m}$

35. On modélise une cellule et sa membrane comme un système électrostatique infini, qui, rapporté à un repère cartésien $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$ dans lequel un point M de l'espace a pour coordonnées cartésiennes (x, y, z) , est défini par les données suivantes (Fig. ci-après) :

$$\begin{aligned} z > 0 \quad \rho_e(z) &= \rho_0 \exp\left(-\frac{z}{a}\right) \\ z < 0 \quad V(z) &= V_0 \quad \text{et} \quad \rho_e(z) = 0 \end{aligned}$$

où $\rho_e(z)$ désigne la charge volumique de la cellule, $V(z)$ le potentiel électrostatique qui tend vers zéro lorsque z tend vers l'infini $(+\infty)$ et où $\rho_0 > 0$, $a > 0$ et $V_0 < 0$ sont des constantes.



On note ϵ_0 la permittivité du vide.

Calculer la charge électrique $Q(z)$ contenue dans un cylindre de révolution $\mathcal{C}$ d'axe $O\mathbf{e}_z$, de rayon R et de hauteur $z > 0$, situé dans le domaine $z > 0$, dont la base $\mathcal{B}$ a pour cote 0^+ (Fig. précédente).

- A) $Q(z) = 2\pi R a \rho_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{z}{a}\right)\right]$ C) $Q(z) = 2\pi R a^2 \rho_0 \left[\exp\left(-\frac{z}{a}\right) - 1\right]$
 B) $Q(z) = \pi R^2 a \rho_0 \left[\exp\left(-\frac{z}{a}\right) - 1\right]$ D) $Q(z) = \pi R^2 a \rho_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{z}{a}\right)\right]$

36. Sachant que le système (membrane+cellule) est électriquement neutre, quelle charge surfacique σ_e la membrane (plan $z = 0$) porte-t-elle ?

- A) $\sigma_e = 2\rho_0 a$ B) $\sigma_e = 0$ C) $\sigma_e = -\frac{\rho_0 a}{2}$ D) $\sigma_e = -\rho_0 a$

37. Exprimer le champ électrostatique $\mathbf{E}$ en un point M . Pour obtenir le champ électrostatique dans la région $z > 0$, on pourra utiliser le théorème de Gauss avec, comme surface fermée, le cylindre précédent modifié en translatant sa base $\mathcal{B}$ parallèlement à l'axe $O\mathbf{e}_z$ de sorte que sa cote devienne négative.

A) $\mathbf{E} = \mathbf{0}$ si $z \leq 0$

C) $\mathbf{E} = -\frac{\rho_0 a}{\epsilon_0} \exp\left(-\frac{z}{a}\right) \mathbf{e}_z$ si $z > 0$

B) $\mathbf{E} \neq \mathbf{0}$ si $z \leq 0$

D) $\mathbf{E} = \frac{\rho_0 a}{\epsilon_0} \exp\left(-\frac{z}{a}\right) \mathbf{e}_x$ si $z > 0$

38. Quelle est l'expression du potentiel électrostatique dans le demi-espace $z > 0$?

A) $V(z) = \frac{\rho_0 a}{\epsilon_0} \left[\exp\left(-\frac{z}{a}\right) - 1 \right] + V_0$

C) $V(z) = \frac{\rho_0 a^2}{\epsilon_0} \left[1 - \exp\left(-\frac{z}{a}\right) \right]$

B) $V(z) = \frac{\rho_0 a}{\epsilon_0} \exp\left(-\frac{z}{a}\right) + V_0$

D) $V(z) = \frac{\rho_0 a^2}{\epsilon_0} \left[1 - \exp\left(-\frac{z}{a}\right) \right] + V_0$

39. Quelle relation existe-t-il entre V_0 , ρ_0 et a ?

A) $V_0 = \frac{\rho_0 a^2}{\epsilon_0}$

B) $V_0 = -\frac{\rho_0 a^2}{\epsilon_0}$

C) $V_0 = -\frac{\rho_0 a}{2\epsilon_0}$

D) $V_0 = \frac{\rho_0 a^2}{2\epsilon_0}$

40. Calculer l'expression de l'énergie électrostatique $\mathcal{E}_e$ contenue dans un cylindre de révolution infini (illimité dans le sens des z croissants et dans le sens des z décroissants) d'axe $O\mathbf{e}_z$ et de rayon R :

A) $\mathcal{E}_e = \frac{\pi R^2 \rho_0^2 a^3}{4\epsilon_0}$

B) $\mathcal{E}_e = \frac{2\pi R \rho_0^2 a^3}{4\epsilon_0}$

C) $\mathcal{E}_e = 0$

D) $\mathcal{E}_e = \frac{\pi R^2 \rho_0^2 a^3}{\epsilon_0}$

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve obligatoire à option

MATHÉMATIQUES

Durée : 4 heures

Coefficient : 3



Cette épreuve comporte :

- 1 page de garde
- 2 pages d'instructions recto/verso pour remplir le QCM (à lire très attentivement)
- 1 page d'avertissements
- 10 pages de texte recto/verso

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

ÉPREUVE OBLIGATOIRE A OPTION DE MATHÉMATIQUES

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

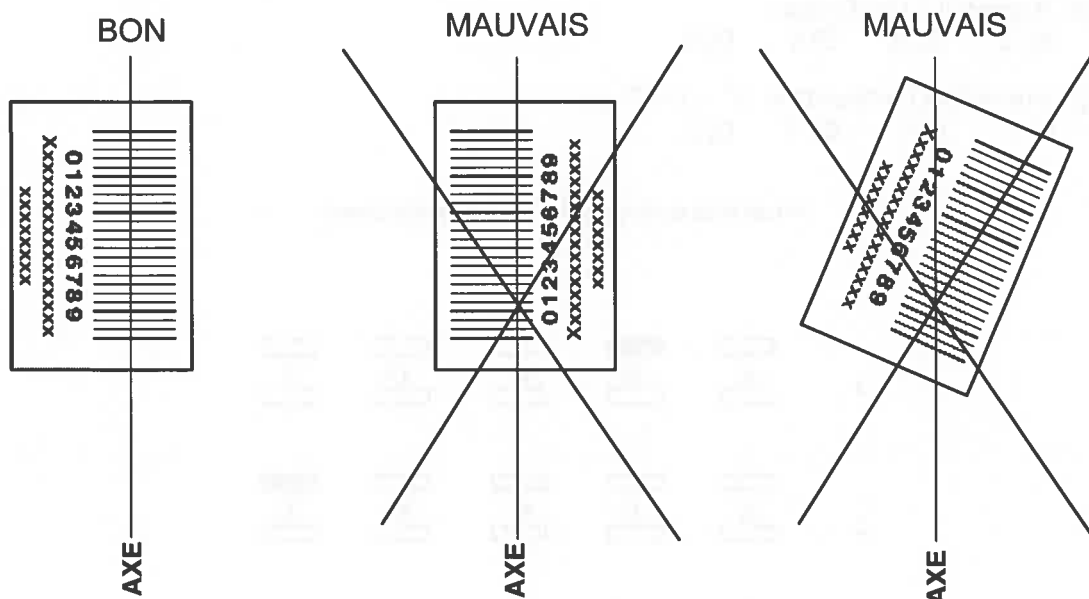
L'épreuve obligatoire à option de mathématiques de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, **l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez**, c'est-à-dire « épreuve obligatoire à option de mathématiques ».

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification à **gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :

- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un **STYLO BILLE** ou une **POINTE FEUTRE** de couleur **NOIRE**.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon (ou les feuilles de brouillons qui vous sont fournies à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 40 questions obligatoires ; certaines, de numéros consécutifs, peuvent être liées. La liste de ces questions est donnée sur la page d'avertissements.

Chaque question comporte, au plus, deux réponses exactes.

Tournez la page S.V.P.

- 6) A chaque question numérotée entre 1 et 40, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 41 à 100 seront neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 01 à 40, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

- soit vous décidez de ne pas traiter cette question,
la ligne correspondante doit rester vierge.
- soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse :
vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.
- soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes :
vous devez noircir deux des cases A, B, C, D et deux seulement.
- soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne :
vous devez alors noircir la case E.

Attention, toute réponse fausse peut entraîner pour la question correspondante une pénalité dans la note.

EXEMPLES DE RÉPONSES

Question 1 : $1^2 + 2^2$ vaut :

A) 3 B) 5 C) 4 D) -1

Question 2 : le produit $(-1)(-3)$ vaut :

A) -3 B) -1 C) 4 D) 0

Question 3 : Une racine de l'équation $x^2 - 1 = 0$ est :

A) 1 B) 0 C) -1 D) 2

Vous marquerez sur la feuille réponse :

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E

AVERTISSEMENTS

L'usage de calculatrices, de téléphones portables ou de documents personnels n'est pas autorisé.

Questions liées :

Partie I
1 à 13

Partie II
14 à 28

Partie III
29 à 40

PARTIE I

On appelle **lois algébriques usuelles** l'addition des fonctions, notée « + », la multiplication des fonctions, notée « $\times$ », et la multiplication des fonctions par un scalaire réel, notée « $\cdot$ ».

Pour n entier naturel, on note C_n l'ensemble des fonctions réelles de classe $\mathcal{C}^n$ sur $[0, 1]$.

Si h est une fonction deux fois dérivable sur $[0, 1]$, on note h'' sa fonction dérivée seconde.

On note P_n l'ensemble des fonctions polynomiales à coefficients réels de degré inférieur ou égal à n et définies sur $[0, 1]$.

On pose $F_n = \{f \in C_n, f(0) = f(1) = 0\}$.

1) Muni des lois algébriques usuelles suivantes,

- A) $(C_n, +, \times)$ est un anneau commutatif
- B) P_n est un sous-anneau de $(C_n, +, \times)$
- C) P_n est un idéal de $(C_n, +, \times)$
- D) $(C_n, +, \cdot)$ est un espace vectoriel de dimension finie

2) Muni des lois $+$ et $\cdot$, l'ensemble $F_2 \cap P_2$

- A) est réduit à la fonction nulle
- B) est un espace vectoriel engendré par les fonctions $x \mapsto x$ et $x \mapsto x^2$
- C) est un espace vectoriel de dimension 1
- D) n'est pas un sous-espace vectoriel de C_2

3) L'application $h \mapsto h''$ définit

- A) un endomorphisme de l'espace vectoriel P_n
- B) une bijection de C_n sur C_n
- C) une injection de F_2 dans C_0
- D) un isomorphisme d'espaces vectoriels de P_4 sur P_2

Pour tout réel x strictement positif, on note χ_x la fonction qui, à tout réel t , associe la valeur 1 si t est dans l'intervalle $[-x, x]$ et 0 sinon.

f étant élément de C_0 , on pose $I(x) = \int_0^1 f(t) \chi_x(t) dt$ si $x > 0$ et $I(0) = 0$.

4) On suppose dans cette question que $f(t) = t$ pour tout t dans $[0, 1]$. Pour tout réel $x > 0$,

- A) $I(x) = \int_{-x}^x t dt$
- B) $I(x) = \int_0^x t dt$
- C) $I(x) = \frac{x^2}{2}$
- D) $I(x)$ ne dépend pas de x

- 5) On retourne au cas général où f est un élément quelconque de C_0 . La restriction de la fonction I à $[0, 1]$

- A) appartient à C_0
- B) est dérivable et a pour dérivée f
- C) appartient à C_2
- D) appartient à P_2 si f appartient à P_2 .

Soit f dans C_0 .

Dans toute la suite, on pose, pour tout x dans $[0, 1]$, $g(x) = \frac{1}{2} \int_0^1 |x - t| f(t) dt$.

- 6) On suppose dans cette question que $f(t) = t$ pour tout t dans $[0, 1]$.

Alors $g\left(\frac{1}{2}\right)$ est égal à

- A) $\frac{1}{24}$
- B) $\frac{1}{12}$
- C) $\frac{1}{16}$
- D) 0

- 7) Pour cette question et les suivantes (jusqu'à la question 10), on revient au cas général où f est un élément quelconque de C_0 . Pour tout x dans $[0, 1]$,

- A) $g(x) = \frac{1}{2} \int_0^x (t - x) f(t) dt + \frac{1}{2} \int_x^1 (x - t) f(t) dt$.
- B) $g(x) = \frac{1}{2} \left[x \left(\int_0^x f(t) dt + \int_1^x f(t) dt \right) - \left(\int_0^x t f(t) dt + \int_1^x t f(t) dt \right) \right]$
- C) $g(x) = \frac{1}{2} \left(x \int_1^0 f(t) dt + \int_x^0 t f(t) dt + \int_1^x t f(t) dt \right)$
- D) $g(x) = \frac{1}{2} \left(x \int_0^1 f(t) dt - \int_0^1 t f(t) dt \right)$

- 8) La fonction g appartient à C_2 et, pour tout x dans $[0, 1]$,

- A) $g''(x) = 1$
- B) $g''(x) = f(x)$
- C) $g''(x) = 0$
- D) $g''(x) = -f(x)$

- 9) L'équation différentielle $y'' = f$, d'inconnue y dans F_2 , a pour ensemble de solutions

- A) $\{x \mapsto g(x) + (g(0) - g(1))x - g(0)\}$
- B) $\{x \mapsto -g(x)\}$
- C) $\{x \mapsto g(x) + a, \quad a \in \mathbf{R}\}$
- D) $\{x \mapsto -g(x) + ax + b, \quad (a, b) \in \mathbf{R}^2\}$

10) On peut déduire des questions précédentes que

- A) l'application $h \mapsto h''$ définit une injection non surjective de F_2 dans C_0
- B) l'application $h \mapsto h''$ définit un isomorphisme d'espaces vectoriels de F_2 sur C_0
- C) l'application $h \mapsto h''$ définit une surjection non injective de F_2 dans C_0
- D) les dimensions des espaces vectoriels F_2 et C_0 sont finies et égales

Dans toute la suite, on pose, pour tout entier naturel k , $G_k = F_k \cap P_k$ et $\varphi : h \mapsto h''$ définie de G_{n+2} dans P_n .

11) L'ensemble G_{n+2} , muni des lois $+$ et $\cdot$, est un espace vectoriel

- A) de dimension $n + 1$
- B) dont une base est $(x \mapsto x^k, \quad k \in \{1, \dots, n + 2\})$
- C) dont une base est $(x \mapsto x^{k-1}, \quad k \in \{2, \dots, n + 2\})$
- D) dont une base est $(x \mapsto x(x-1)^k, \quad k \in \{0, \dots, n\})$

12) Pour tout entier naturel $k \leq n$ et pour tout réel x dans $[0, 1]$,

- A) $\varphi(x^k) = k(k-1)x^{k-2}$
- B) $\varphi(x^{k+2} - x^{k+1}) = x^k((k+2)x - (k+1))$
- C) $\varphi^{-1}(x^k) = \frac{(x-1)}{(k+1)(k+2)} \sum_{i=1}^{k+1} x^i$
- D) $\varphi^{-1}(x^k) = \frac{x^{k+2}}{(k+1)(k+2)}$

13) Soit M la matrice de φ dans les bases $(x \mapsto x^{k+1}(x-1), \quad k \in \{0, \dots, n\})$ et $(x \mapsto x^k, \quad k \in \{0, \dots, n\})$ de G_{n+2} et P_n respectivement. Alors

A) M n'est pas inversible

B) M est inversible et $M^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{6} & \cdots & \frac{1}{n(n+1)} & \frac{1}{(n+1)(n+2)} \\ 0 & \frac{1}{6} & \cdots & \frac{1}{n(n+1)} & \frac{1}{(n+1)(n+2)} \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{n(n+1)} & \frac{1}{(n+1)(n+2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \frac{1}{(n+1)(n+2)} \end{pmatrix}$

C) M et M^{-1} sont diagonalisables

D) φ et φ^{-1} sont diagonalisables

PARTIE II

Dans toute cette partie, n est un entier naturel supérieur ou égal à 2 et on note $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$ l'ensemble des matrices carrées d'ordre n à coefficients réels. Pour tout élément M de $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$, on note tM la matrice transposée de M . Enfin, I_n désigne la matrice unité d'ordre n .

14) De manière générale, une matrice carrée à coefficients réels

- A) est diagonalisable si et seulement si ses coefficients diagonaux sont distincts deux à deux
- B) est diagonalisable si et seulement si les racines de son polynôme caractéristique sont toutes réelles et distinctes deux à deux
- C) est inversible si et seulement si ses valeurs propres complexes sont toutes non nulles
- D) est inversible si ses coefficients diagonaux sont tous non nuls

Pour tout réel a , on pose $M(a) = \begin{pmatrix} 1 & -1 & a \\ 0 & 2 & -a \\ 1 & 1 & 2-a \end{pmatrix}$.

15) La matrice $M(a)$ est équivalente à la matrice

- A) $\begin{pmatrix} 1 & -1 & -a \\ 0 & 2 & a \\ 1 & 1 & a-2 \end{pmatrix}$
- B) $\begin{pmatrix} 1 & -1 & a \\ 0 & 2 & -a \\ 0 & 1 & a-1 \end{pmatrix}$
- C) $\begin{pmatrix} 1 & -1 & a \\ 0 & 2 & -a \\ 0 & 0 & a-2 \end{pmatrix}$
- D) $\begin{pmatrix} 1 & -1 & a \\ 0 & 2 & -a \\ 0 & 0 & 3a-2 \end{pmatrix}$

16) Le nombre 0 est valeur propre de $M(a)$ si et seulement si

- A) $a = 2$
- B) $a \neq \frac{2}{3}$
- C) $a = 1$ ou $a = 2$
- D) $a \neq 0$

On pose $C_{M(a)}(X) = \det(XI_3 - M(a))$.

- 17) Si on écrit $C_{M(a)}(X)$ sous la forme $a_3X^3 + a_2X^2 + a_1X + a_0$, alors
- A) $a_0 = 6a - 4$
 - B) $a_1 = 8 - 3a$
 - C) $a_2 = 5 - a$
 - D) $a_3 = -1$
- 18) L'écriture factorisée de $C_{M(a)}(X)$ est
- A) $(X - 1)^2(X - 2)$
 - B) $(X - 1)(X - 2)^2$
 - C) $(X - 1)(X - 2 + a)(X - 2)$
 - D) $(X - a)(X - a + 2)(X - 2)$
- 19) La matrice $M(a)$ est diagonalisable si et seulement si
- A) $a \neq 0$ et $a \neq 1$
 - B) $a \neq 0$
 - C) $a \neq 2$
 - D) $a \neq 1$
- 20) Plus généralement, une matrice dans $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$ dont les n valeurs propres $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, supposées réelles, sont les éléments diagonaux de la matrice
- A) est diagonalisable
 - B) a pour déterminant le produit des n valeurs propres
 - C) est inversible
 - D) n'existe pas
- 21) On note A une matrice carrée d'ordre 3, de coefficient général complexe a_{ij} . On suppose que a_{11} , a_{22} et a_{33} sont les valeurs propres (éventuellement égales) de A . Alors
- A) $\det A = a_{11}a_{22}a_{33}$
 - B) la somme $a_{12}a_{21} + a_{13}a_{31} + a_{23}a_{32}$ est nulle
 - C) A est diagonale
 - D) A est diagonalisable

22) L'hypothèse de la question 21 est vérifiée par

- A) $\begin{pmatrix} 2 & 0 & 2 \\ -2 & 4 & 2 \\ 2 & -2 & 2 \end{pmatrix}$
- B) $\begin{pmatrix} 5 & 2 & 2 \\ 1 & 4 & 0 \\ 1 & 1 & 4 \end{pmatrix}$
- C) $\begin{pmatrix} 0 & 0 & i \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix}$
- D) $\begin{pmatrix} 2i & 1 & -2i \\ 0 & -2i & -2 \\ 0 & 0 & i \end{pmatrix}$

Dans tout ce qui suit, on note $\mathcal{D}_n$ le sous-ensemble de $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$ constitué des matrices dont le polynôme caractéristique est scindé sur $\mathbf{R}$ et dont les termes diagonaux sont les racines du polynôme caractéristique, comptées avec le même ordre de multiplicité.

23) Soit M un élément de $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$ et α et β deux réels quelconques. Alors

- A) λ est une valeur propre de M si et seulement si $\alpha\lambda + \beta$ est une valeur propre de $\alpha^t M + \beta I_n$
- B) $\alpha M + \beta I_n$ et $\alpha^t M + \beta I_n$ ont le même polynôme caractéristique, les mêmes valeurs propres et les mêmes espaces propres
- C) si M appartient à $\mathcal{D}_n$, alors $\alpha M + \beta I_n$ et $\alpha^t M + \beta I_n$ appartiennent aussi à $\mathcal{D}_n$
- D) si M appartient à $\mathcal{D}_n$, et si $M^2 = M$, alors $(\alpha M + \beta I_n)^2$ appartient aussi à $\mathcal{D}_n$

24) On note $\mathcal{I}_n$ l'ensemble des matrices inversibles appartenant à $\mathcal{D}_n$. On peut affirmer que

- A) tout élément de $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$ est la somme de deux éléments de $\mathcal{D}_n$
- B) $\mathcal{D}_n$ est un sous-espace vectoriel de $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$
- C) $\mathcal{I}_n$ est vide
- D) $\mathcal{I}_n$ est dense dans $\mathcal{D}_n$

25) Soit $M = (m_{ij})$ un élément de $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$. La trace de tMM est égale à

- A) $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} m_{ji}$
- B) $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}^2$
- C) $\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} \right)^2$
- D) $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}$

26) Soit S un élément de $\mathcal{D}_n$. On suppose de plus que S est symétrique. Alors

- A) une telle matrice n'existe pas
- B) $S = I_n$
- C) S est diagonale
- D) S est la matrice nulle d'ordre n

27) Soit A dans $\mathcal{M}_n(\mathbf{R})$ et antisymétrique. On peut affirmer que

- A) A^n est antisymétrique
- B) tAA est diagonalisable
- C) la trace de tAA est nulle
- D) si A appartient aussi à $\mathcal{D}_n$, alors $\left({}^tAA\right)^n$ est la matrice nulle d'ordre n

28) L'ensemble des matrices antisymétriques appartenant à $\mathcal{D}_n$

- A) est réduit à la matrice unité
- B) est un espace vectoriel de dimension $\frac{n(n-1)}{2}$
- C) contient la matrice $\begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
- D) est l'ensemble des matrices carrées diagonales à coefficients réels

PARTIE III

29) Soit une série de terme général strictement positif b_n , où n est un entier naturel quelconque. Pour que cette série converge,

- A) il est suffisant que la suite de terme général b_n converge vers 0
- B) il est nécessaire que la suite de terme général b_n converge vers 0
- C) il est nécessaire et suffisant que la suite de terme général $\sum_{k=0}^n b_k$ converge vers 0
- D) il est suffisant que la suite de terme général $\frac{b_{n+1}}{b_n}$ converge et que sa limite soit strictement inférieure à 1

30) On pose, pour tout entier naturel n différent de 0, $b_n = \left(\frac{n}{n+1}\right)^n$. Alors

- A) la suite (b_n) est croissante et majorée
- B) la suite (b_n) est convergente et sa limite est égale à 1
- C) (b_n) est une suite géométrique de raison $\frac{n}{n+1} < 1$
- D) la série de terme général b_n converge

Dans tout ce qui suit, on note I l'intervalle $[0, 1[$. Pour tout entier n supérieur ou égal à 1, on pose, pour tout x dans I , $f_n(x) = a_n x^n (1 - x)$, où (a_n) est une suite réelle définie sur $\mathbf{N}^*$. Si elle existe, on note $\|f_n\|_\infty$ la borne supérieure des nombres $f_n(x)$ lorsque x décrit I . En cas de convergence de la série $\sum f_n(x)$, on pose $S(x) = \sum_{n=1}^{+\infty} f_n(x)$.

31) Dans le cas où (a_n) est la suite constante égale à 1,

- A) (f_n) est une suite décroissante
- B) (f_n) est une suite de fonctions décroissantes sur I
- C) pour tout entier $n \geq 1$, $\|f_n\|_\infty$ existe et est égale à 1
- D) pour tout entier $n \geq 1$, $\|f_n\|_\infty$ existe et est égale à $\frac{1}{n+1} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$

- 32) Dans le cas où, pour tout $n \geq 1$, $a_n = \frac{1}{2^n}$,
- A) $S\left(\frac{1}{2}\right)$ n'existe pas
 - B) $S\left(\frac{1}{2}\right)$ existe et $S\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{2}{3}$
 - C) la série de fonctions $\sum f_n$ converge normalement sur I
 - D) la série $\sum f_n(x)$ ne converge pour aucune valeur de x dans I
- 33) Dans le cas où, pour tout $n \geq 1$, $a_n = (-1)^n$,
- A) pour tout x dans I, $f_n(x)$ est la suite géométrique de premier terme $1 - x$ et de raison $-x$
 - B) pour tout x dans I, $S(x)$ existe et $S(x) = \frac{x(x-1)}{x+1}$
 - C) Pour tout x dans I, la série $\sum f_n(x)$ vérifie les hypothèses du théorème spécial des séries alternées
 - D) la série de fonctions $\sum f_n$ converge normalement sur I
- 34) Dans le cas où (a_n) est une suite bornée, la série de fonctions $\sum f_n$
- A) converge simplement en tout point de I
 - B) converge uniformément sur I
 - C) ne converge pas absolument en au moins un point de I
 - D) converge normalement sur I
- 35) Dans le cas où (a_n) est une suite de réels décroissante, la série de fonctions $\sum f_n$
- A) converge simplement en tout point de I
 - B) converge uniformément sur I
 - C) ne converge pas absolument en au moins un point de I
 - D) converge normalement sur I

Dans tout ce qui suit, on suppose que (a_n) est une suite décroissante de réels positifs.

- 36) La série de fonctions $\sum f_n$
- A) converge simplement en tout point de I
 - B) converge uniformément sur I
 - C) est telle que, pour tout $n \geq 1$, $\|f_n\|_\infty = \frac{a_n}{n+1} \left(\frac{n}{n+1}\right)^n$
 - D) converge normalement sur I

- 37) Dans le cas où, pour tout $n \geq 1$, $a_n = 1 + \frac{1}{n}$,
- A) la série de fonctions $\sum f_n$ ne converge pas normalement sur I et converge uniformément sur I
 - B) la série de fonctions $\sum f_n$ ne converge simplement en aucun point de I
 - C) la suite de fonctions (f_n) converge uniformément sur I vers la fonction nulle
 - D) la suite de fonctions dérivées (f_n') converge uniformément sur I vers la fonction nulle
- 38) Dans le cas où, pour tout $n \geq 1$, $a_n = \frac{1}{n}$,
- A) $S(x)$ existe pour tout x dans I et $S(x) = (1-x) \ln |x-1|$
 - B) $\|f_n\|_\infty \underset{n \rightarrow +\infty}{\sim} \frac{1}{en^2}$
 - C) il existe x dans I tel que $S(x)$ n'existe pas
 - D) $S(x)$ existe pour tout x dans I et $\lim_{x \rightarrow 1} S(x) = 0$
- 39) Dans le cas où, pour tout $n \geq 2$, $a_n = \frac{1}{\ln n}$, et $a_1 = 2$,
- A) $\left(\frac{a_n}{n}\right)$ converge vers 0
 - B) la série $\sum \frac{a_n}{n}$ converge
 - C) la série de fonctions $\sum f_n$ converge normalement sur I
 - D) la série de fonctions $\sum f_n$ converge uniformément sur I
- 40) En utilisant uniquement les trois cas précédents (questions 37 à 39), on a démontré en particulier
- A) que si une série de fonctions converge normalement sur un intervalle, alors elle converge uniformément sur cet intervalle
 - B) qu'une série de fonctions peut converger normalement sur un intervalle sans converger uniformément sur cet intervalle
 - C) que la convergence uniforme d'une série de fonctions sur un intervalle n'entraîne pas sa convergence normale sur cet intervalle
 - D) que la convergence simple d'une série de fonctions en tout point d'un intervalle n'entraîne pas sa convergence uniforme sur cet intervalle

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve obligatoire à option de
SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR

Durée : 4 heures

Coefficient : 3

Cette épreuve comporte :

- 1 page de garde
- 2 pages d'instructions pour remplir le QCM recto/verso (à lire très attentivement)
- 1 page d'avertissements
- 31 pages de texte/questions recto/verso
- 9 pages d'annexes recto

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

**ÉPREUVE OBLIGATOIRE A OPTION DE
SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR****A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT**

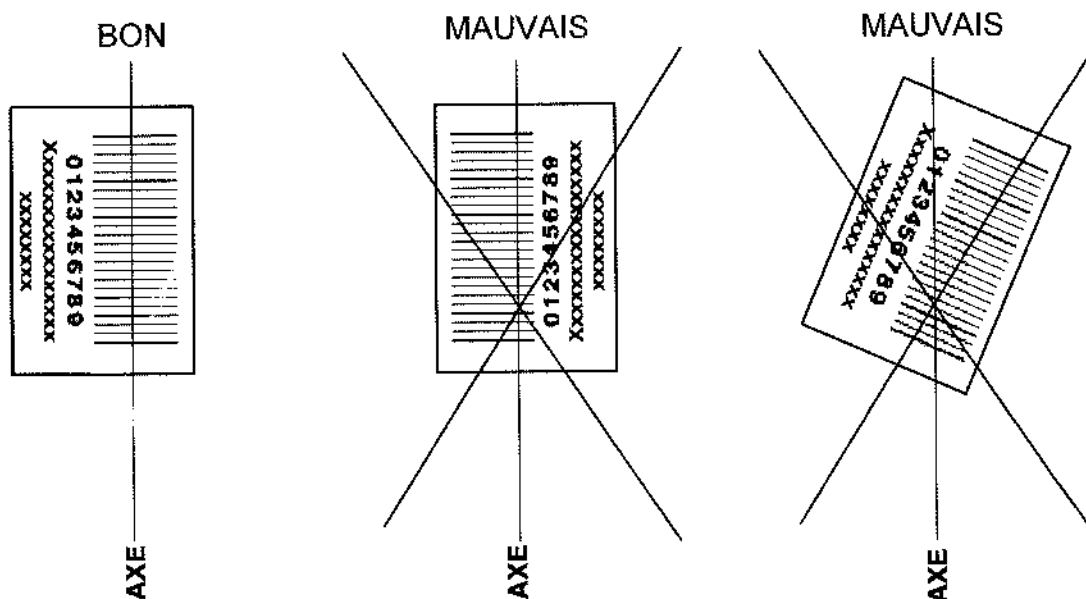
L'épreuve de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, **l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez**, c'est-à-dire « Epreuve obligatoire à option de sciences industrielles pour l'ingénieur ».

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification à **gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :

- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un **STYLO BILLE** ou une **POINTE FEUTRE** de couleur **NOIRE**.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon (ou les feuilles de brouillons qui vous sont fournies à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.

Tournez la page S.V.P.

- 5) Cette épreuve comporte 50 questions obligatoires ; certaines de numéros consécutifs, peuvent être liées. La liste de ces questions est donnée sur la page d'avertissements.

Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.

- 6) A chaque question numérotée entre 1 et 50, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 51 à 100 seront neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 01 à 50, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

- soit vous décidez de ne pas traiter cette question :
la ligne correspondante doit rester vierge.
- soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse :
vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.
- soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes :
vous devez noircir deux des cases A, B, C, D et **deux seulement**.
- soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne :
vous devez alors noircir la case E.

Attention, toute réponse fausse peut entraîner pour la question correspondante une pénalité dans la note.

7) Exemples de réponses

Question 1. Le torseur cinématique du solide S en mouvement par rapport à un référentiel R_0 en un point A est noté $\{V_{S/R_0}\}_A = \left\{ \begin{matrix} \vec{\Omega}_{S/R_0} \\ \vec{V}_{A,S/R_0} \end{matrix} \right\}_A$. A partir de la formule de changement de point, indiquer l'expression du vecteur vitesse $\vec{V}_{B,S/R_0}$.

A)	B)	C)	D)
$\vec{V}_{A,S/R_0} + \vec{BA} \wedge \vec{\Omega}_{S/R_0}$	$\vec{V}_{A,S/R_0} + \vec{\Omega}_{S/R_0} \wedge \vec{BA}$	$\vec{V}_{A,S/R_0} + \vec{BA} \cdot \vec{\Omega}_{S/R_0}$	$\vec{V}_{A,S/R_0} + \vec{OB} \wedge \vec{\Omega}_{S/R_0}$

Question 2. Soit f la fonction logique, de représentation algébrique : $f = a \cdot b \cdot \bar{c}$. Déterminer le complément de f .

A)	B)	C)	D)
$\bar{f} = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c$	$\bar{f} = a + b + \bar{c}$	$\bar{f} = \bar{a} \cdot \bar{b} + c$	$\bar{f} = a + \bar{b} + c$

Vous cocherez sur la feuille réponse :

1	☒	☐	☐	☐	☐
	A	B	C	D	E
2	☐	☐	☐	☐	☒
	A	B	C	D	E

DE : Anne-Lise BERTRAND	Tél .: +33 (0) 5 62 17 41 83	Fax : +33 (0) 5 62 17 40 79
A : TOUS LES CHEFS DE CENTRE		

CONCOURS ICNA 2016

ERRATA

ÉPREUVE DE :

**SCIENCES INDUSTRIELLES POUR
L'INGÉNIEUR**

Page 26 – Question 40 –(cf pièce jointe)

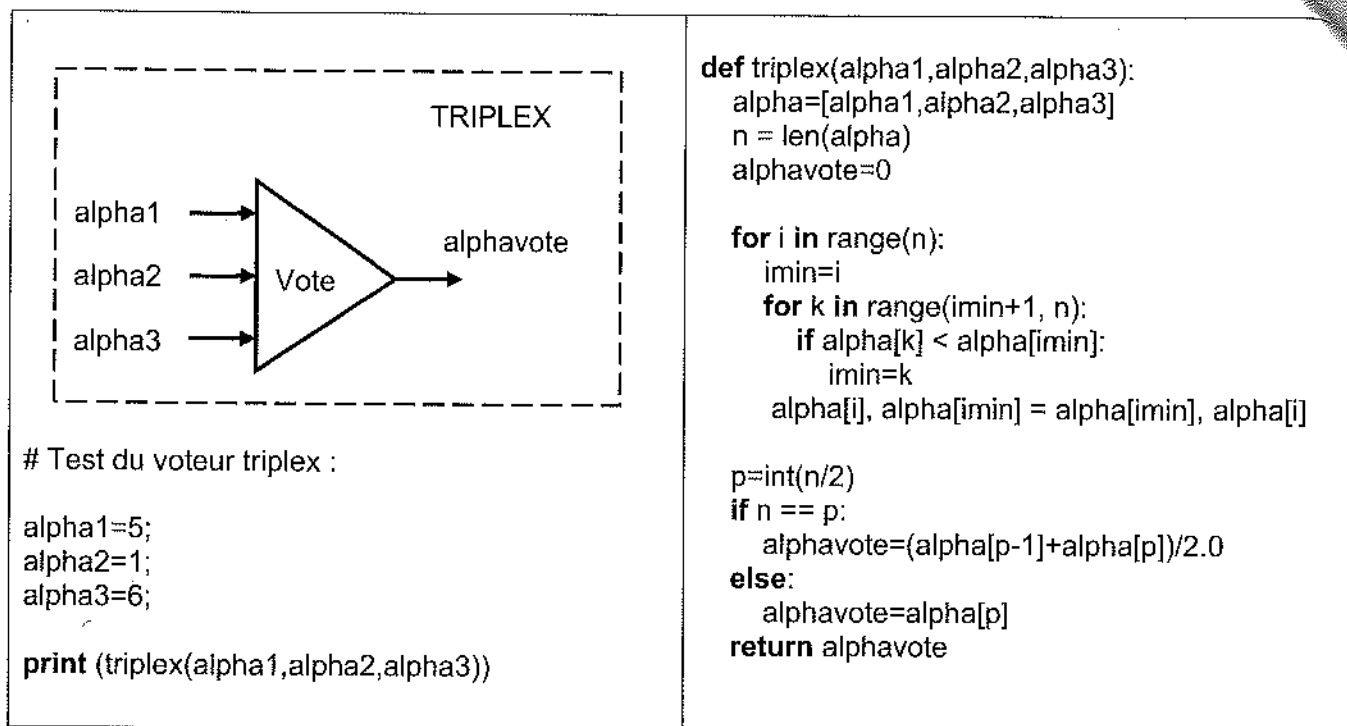


Figure 15 Méthode « triplex » - Sous-programme du vote d'incidence alphavote

Question 39. En vous appuyant sur le programme ci-dessus calculant l'angle d'incidence **alphavote** à partir des 3 mesures des sondes (notées **alpha1**, **alpha2** et **alpha3**), indiquer la méthode « triplex » retenue par le constructeur Airbus pour le vote de l'angle d'incidence.

A)	B)
alphavote correspond à la moyenne des 3 angles mesurés.	alphavote correspond à la moyenne de la médiane des 3 angles mesurés avec la valeur de l'angle minimum.
C)	D)
alphavote correspond à la moyenne des 2 angles les plus élevés (passivation de l'angle faible).	alphavote correspond à la médiane des 3 angles mesurés.

Question 40. Indiquer la valeur du vote calculé lors du test de la fonction triplex pour (alpha1, alpha2, alpha3)=(5, 2, 6). = (5, 1, 6).

A)	B)	C)	D)
alphavote = 4	alphavote = 5	alphavote = 3	alphavote = 5,5

AVERTISSEMENTS

Les calculatrices sont interdites pour cette épreuve. Dans certaines questions, les candidats doivent choisir entre plusieurs valeurs numériques. Les valeurs fausses qui sont proposées ont des ordres de grandeur suffisamment différents de la valeur exacte arrondie selon les règles habituelles, afin d'éliminer toute ambiguïté dans le choix de la bonne réponse.

Exemple :

Le calcul sera arrondi au plus proche : $11,56 \text{ kg} \approx 12 \text{ kg}$

Les propositions de réponse sont :

A)	B)	C)	D)
2 kg	12 kg	18 kg	24 kg

QUESTIONS LIÉES**Partie A :**

7, 10

Partie B :

20, 21
22 à 24
25 à 31

Partie C :

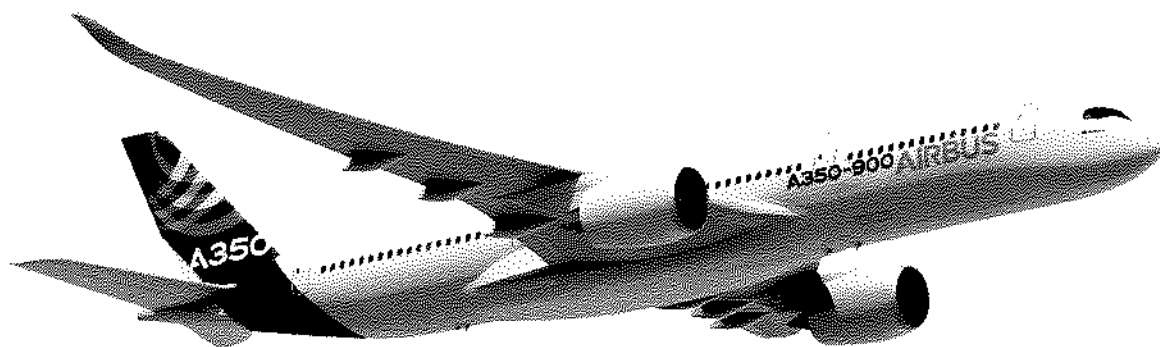
39, 40
41, 42
46, 47



FIN DES CONSIGNES



COMMANDE DE VOL LONGITUDINAL DE L'AIRBUS A350 XWB



Le sujet porte sur la modélisation de la loi de commande en protection d'incidence dans le cas du vol longitudinal d'un avion de type Airbus A350 XWB.

Ce biréacteur gros porteur et moyen-long courrier, dernier né de la famille du constructeur européen Airbus et mis en service en janvier 2015, a été baptisé « **A350 XWB** », pour **eXtraWide Body** (*fuselage extra large*).

Cette nouvelle génération d'avion comporte 3 versions passagers qui ont un rayon d'action complémentaire :

Spécifications	A350-800	A350-900	A350-1000
Longueur	60,54 m	66,89 m	73,78 m
Envergure	64,75 m	64,91 m	64,75 m
Largeur fuselage	5,96 m	5,96 m	5,96 m
Hauteur	17,05 m	17,05 m	17,08 m
Capacité en sièges	276	315	369
Distance franchissable	15 300 km	14 350 km	14 800 km
Masse au décollage	248 t	268 t	308 t
Capacité des réservoirs	138 000 L	138 000 L	156 000 L
Poussée des moteurs	337 kN	374 kN	442 kN
Vitesse maximale en Mach ⁽¹⁾ _____ en kt ⁽²⁾ _____ en m.s ⁻¹	Mach 0,89 593,40 kt 305,27 m.s ⁻¹		

La principale prouesse technologique réside dans la réduction de consommation de kérosène de plus de 25% par rapport à la gamme A340. Ceci grâce à l'emploi de matériaux composite innovant plus légers (fibre de carbone renforcée de plastique – voilure et fuselage).

¹ Mach 1 $\approx 1\,234,8 \text{ km.h}^{-1} \approx 340 \text{ m.s}^{-1}$ (vitesse du son dans l'air à 0°C)

² kt : milles nautiques par heure (knot en anglais) – 1 kt $\approx 1,852 \text{ km.h}^{-1} \approx 0,514 \text{ m.s}^{-1}$

PRÉSENTATION ET PLAN DE L'ÉTUDE

Nota : l'étude fera référence à des termes définis dans les documents DOC 1 et DOC 2 des pages 32 à 35. Il est vivement conseillé de consulter ces documents avant de commencer le sujet.

Contexte

Le schéma de la Figure 1, illustre les différentes boucles de commande rencontrées sur la commande de vol de l'**A350 XWB**.

Les lois de commande de vol, linéaires ou non, doivent être robustes et embarquables dans les calculateurs d'avions de transport modernes. Nous nous intéresserons dans ce sujet à une phase de vol longitudinal, exigeante car en transitoire et à proximité du sol : **manœuvre d'évitement instinctive** (*avoidance carefree maneuver*).

Le sujet comporte 3 parties indépendantes :

Pour commencer, la **partie A** s'intéresse à la description du modèle avion rigide afin d'appréhender les lois de pilotage d'un avion.

Le contrôle de l'avion suivant l'axe de tangage s'effectue en contrôlant trois surfaces mobiles horizontales à l'arrière de l'appareil : 2 gouvernes de profondeur et 1 plan horizontal réglable PHR.

Les gouvernes de profondeur assurent la commande longitudinale à court terme, alors que le PHR assure la commande longitudinale à long terme (constante de temps de l'ordre de 14 s) permettant de conserver un braquage de la profondeur en moyenne nulle.

Dans le but de contrôler l'avion dans une phase dynamique, nous analyserons le comportement des gouvernes de profondeur dans la **partie B**.

L'état de l'avion est mesuré par les ADIRS (*Air Data and Inertial Reference System*). Le calculateur embarqué reçoit trois valeurs redondantes pour chaque paramètre de vol et doit élaborer une seule et unique valeur pour le calcul des commandes. Ce point sera abordé en introduction de la **partie C**, dans le cas particulier des capteurs d'incidence (sondes). L'étude se poursuivra, par la mise en place d'un correcteur pour l'ensemble des boucles d'asservissements (boucles 1 à 5). La conclusion de cette **partie C** permettra de vérifier les performances attendues en termes de qualité de vol.

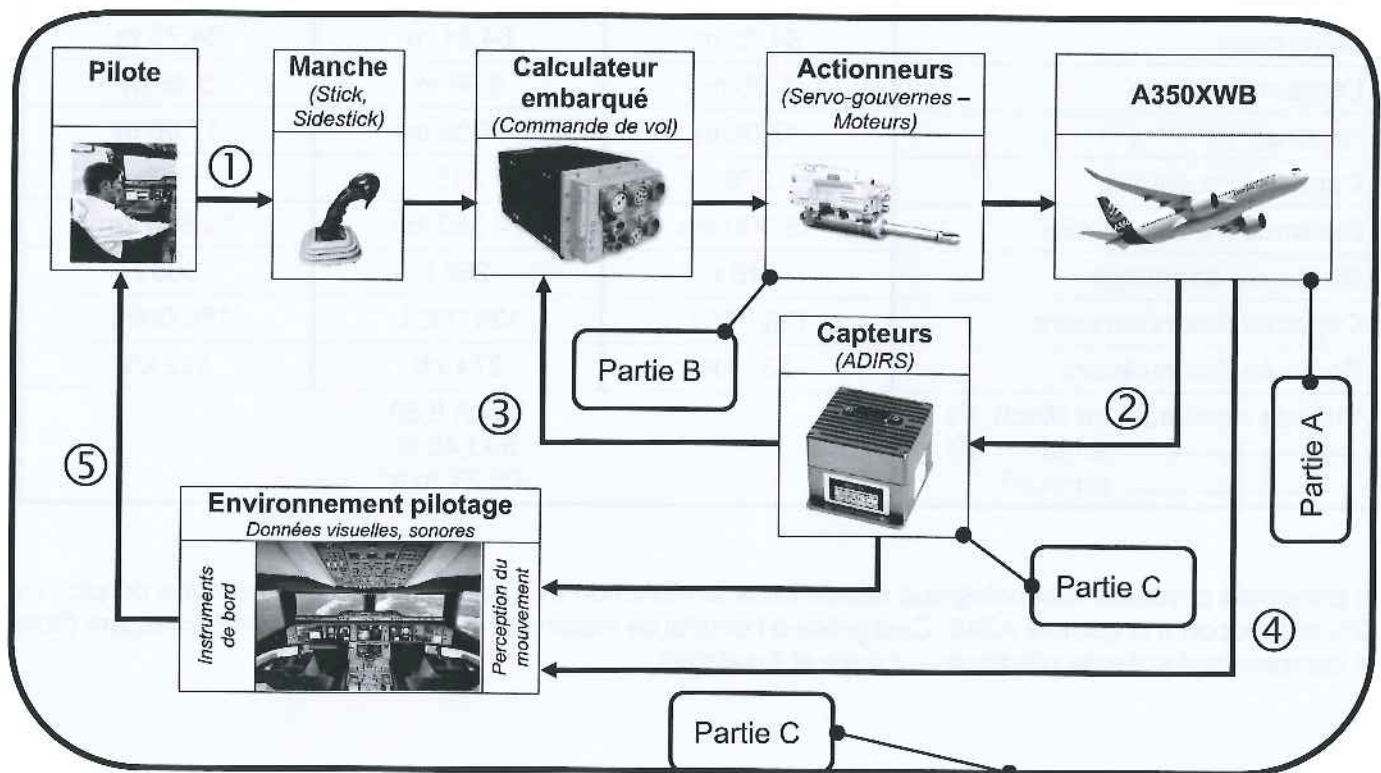


Figure 1 Les différentes boucles de contrôle mises en jeu dans la commande de vol

I VOL SYMÉTRIQUE

Objectif

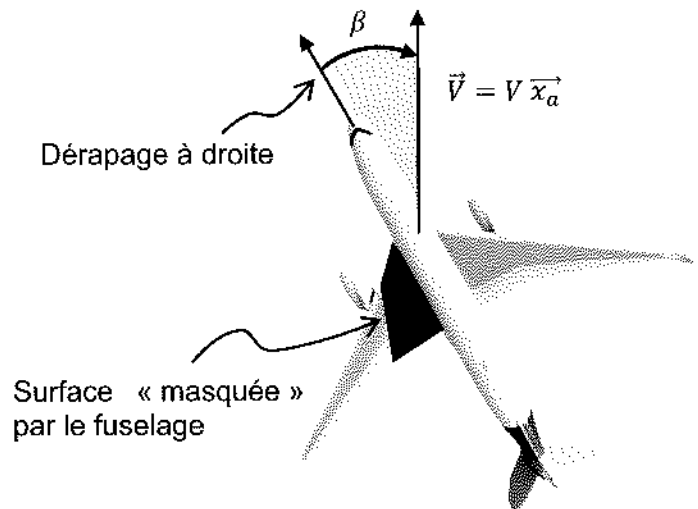
Mettre en place les conditions du vol longitudinal pur afin de proposer un paramétrage simplifié.

Pour mettre en œuvre les équations du vol, nous définirons trois repères (voir DOC 2 page 33).
Le repère terrestre supposé galiléen, le repère avion ainsi que le repère aérodynamique.

Cas d'étude

Un vol sera qualifié de symétrique lorsque l'écoulement de l'air est parallèle au plan de symétrie de l'avion ($G, \vec{x}_b, \vec{z}_b$).

Supposons que l'avion en vol symétrique subisse une rafale provenant de la gauche. Cette situation amène l'axe longitudinal de l'avion à se placer dans le lit du vent correspondant à la rafale. L'avion est alors dit en dérapage à droite (voir Figure 2).



Question 1. Quelle est la conséquence d'un dérapage à droite sur l'attitude du vol ?

Figure 2 Avion en dérapage à droite

A)	La traînée de la demi-aile gauche va diminuer en raison d'une zone « masquée » par le fuselage. La conséquence immédiate sera la création d'un moment de lacet positif donc l'avion retrouvera son vol symétrique.
B)	La portance ainsi que la traînée de la demi-aile gauche vont diminuer en raison d'une zone « masquée » par le fuselage. La conséquence immédiate sera la création d'un moment de tangage positif, l'assiette de l'avion augmentera.
C)	La portance de la demi-aile gauche va diminuer en raison d'une zone « masquée » par le fuselage. La conséquence immédiate sera la création d'un moment de roulis négatif donc l'avion s'inclinera à gauche.
D)	La portance de la demi-aile gauche va diminuer en raison d'une zone « masquée » par le fuselage. La conséquence immédiate sera la création d'un moment de roulis positif donc l'avion s'inclinera à droite.

Dans le cadre de notre étude, nous traiterons le cas du vol longitudinal pur, c'est-à-dire un vol dans le plan vertical. Ainsi, l'avion n'aura ni angle de dérapage ($\beta = 0$), ni angle de gîte ($\phi = 0$).

II MODÈLE AVION : LINÉARISATION AUTOUR D'UN POINT DE VOL

Objectifs

Définir le modèle avion pour déterminer les équations de la dynamique du vol.

Nous aborderons les notions de pilotage autour d'un point d'équilibre pour introduire une proposition de loi de commande qui sera détaillée en partie C.

Une des principales difficultés de la modélisation du comportement de l'avion réside sur la prise en compte des variations des paramètres physiques. Les paramètres ayant une grande influence sur la dynamique de l'appareil sont :

- la masse M ;
- le centrage (position du centre de poussée par rapport au centre de gravité) ;
- le point de vol (vitesse et altitude) ;
- la configuration (présence de becs, volets, spoilers...).

Une première approche de la commande de vol reposerait sur l'élaboration d'un ensemble de modèles dynamiques linéaires, chacun déterminé par un ensemble de paramètres distincts. La zone de variation des paramètres physique serait ainsi couverte par un ensemble de modèles linéaires différents.

Cette approche n'est pas acceptable car elle nécessite d'embarquer une loi de commande différente pour chaque modèle. En effet, outre une mémoire importante du calculateur, il faudrait une logique de sélection de la loi de commande adaptée qui représente un risque d'erreur suivant les mauvaises estimations de certains paramètres.

Dans ce cadre, les avionneurs ont le souci de minimiser le nombre de lois de commandes différentes, de manière à ce qu'elles soient valables sur une plage de fonctionnement la plus large possible.

Ainsi dans cette partie, nous déterminerons une commande valable localement autour d'un point de fonctionnement.

Dans ce modèle, les forces extérieures appartiennent au plan de symétrie avion et les moments sont perpendiculaires à ce plan.

L'étude sera alors menée dans les conditions suivantes :

- angle de gîte nul, soit $\phi = 0$;
- forces aérodynamiques dans le plan de symétrie donc dérapage nul, soit $\beta = 0$;
- force de propulsion (poussée) parallèle au plan de symétrie ;
- moment aérodynamique perpendiculaire au plan de symétrie donc les vitesses de roulis et lacet sont nulles, soit $p = r = 0$;
- moment de propulsion perpendiculaire au plan de symétrie.

1. Modélisation et paramétrage

Les repères et le paramétrage associés à l'avion ainsi que la modélisation des actions mécaniques appliquées à l'avion sont définis sur la Figure 3.

γ : pente (angle entre l'horizontale $\vec{x}_0$ et le vecteur vitesse $V \vec{x}_a$ de l'avion) $\gamma = (\vec{x}_0, \vec{x}_a)$.
ε : angle de calage des moteurs (angle entre le vecteur $F \vec{x}_\varepsilon$ de poussée et $\vec{x}_b$) $\varepsilon = (\vec{x}_b, \vec{x}_\varepsilon)$.
θ : assiette longitudinale $\theta = (\vec{x}_0, \vec{x}_b)$.
α : incidence $\alpha = (\vec{x}_a, \vec{x}_b)$.
Remarques :
$(O, F \vec{x}_\varepsilon)$ ne passe pas par G. La position de O est défini par $\vec{OG} = a \vec{x}_b - b \vec{z}_b$.
Les actions aérodynamiques sont modélisables par un torseur exprimé en G dont le moment de tangage prend en compte l'ensemble des moments (ailes / fuselage / PHR / gouvernes).

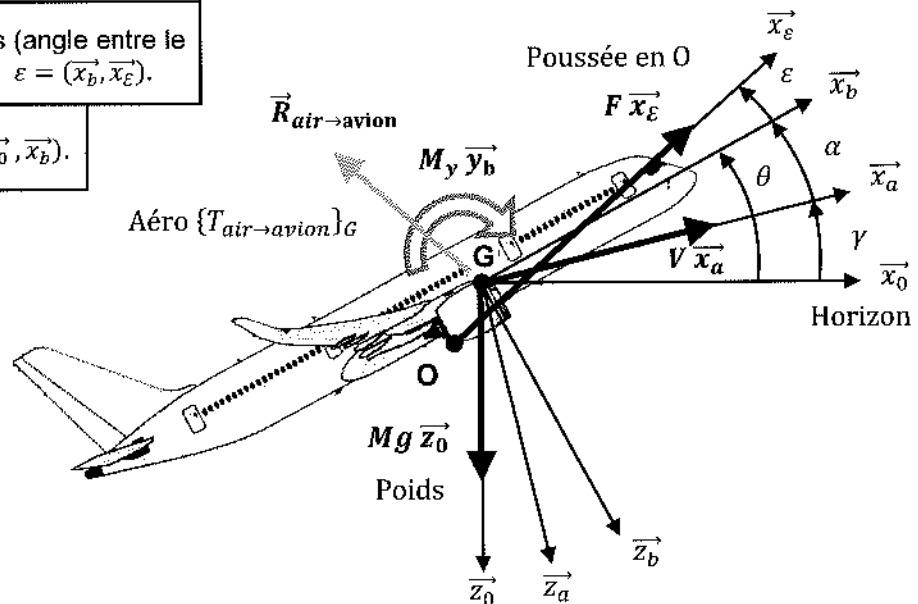


Figure 3 Modélisation cinématique et mécanique dans le cas du vol longitudinal

Paramétrage du mouvement de l'avion par rapport au repère galiléen $R_0 = (O_T, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$:

$$\{V_{avion/R_0}\}_G = \begin{cases} \vec{\Omega}_{avion/R_0} = q \vec{y}_b \\ \vec{V}_{G,avion/R_0} = V \vec{x}_a \end{cases}_G$$

- q est la vitesse de rotation de tangage ;
- on supposera en première approximation que la vitesse de l'avion et la vitesse relative par rapport à l'air sont confondus (vol sans vent).

Question 2. Exprimer la vitesse de tangage q en fonction du paramétrage proposé.

A)	B)	C)	D)
$q = \frac{d\beta}{dt} - \frac{d\gamma}{dt} + \frac{d\theta}{dt}$	$q = \frac{d\beta}{dt} + \frac{d\gamma}{dt}$	$q = \frac{d\theta}{dt}$	$q = \frac{d\alpha}{dt} + \frac{d\gamma}{dt}$
Noté également : $q = \dot{\beta} - \dot{\gamma} + \dot{\theta}$	Noté également : $q = \dot{\beta} + \dot{\gamma}$	Noté également : $q = \dot{\theta}$	Noté également : $q = \dot{\alpha} + \dot{\gamma}$

Question 3. Calculer l'accélération du centre d'inertie G de l'avion dans son mouvement par rapport à R_0 , noté $\vec{\Gamma}_{G,avion/R_0}$.

A)	B)	C)	D)
$m\dot{V} \vec{x}_a - m \frac{d^2\gamma}{dt^2} \vec{OG}$	$\dot{V} \vec{x}_a - V \frac{d\gamma}{dt} \vec{z}_a$	$\dot{V} \vec{x}_a$	$\dot{V} \vec{x}_a - \frac{d^2\gamma}{dt^2} \vec{OG}$

Inventaire des actions mécaniques extérieures appliquées à l'avion :

Actions aérodynamiques : $\{T_{air \rightarrow avion}\}_G = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_{air \rightarrow avion} = R_x \vec{x}_a + R_z \vec{z}_a \\ \vec{M}_{G, air \rightarrow avion} = M_y \vec{y}_b \end{array} \right\}_G$

- R_x est appelée la traînée ;
- R_z est appelée la portance ;
- M_y est appelé le moment de tangage.

Toutes les composantes des actions aérodynamiques sont proportionnelles à la pression cinétique définie par $p_c = \frac{\rho V^2}{2}$ (où ρ est la masse volumique de l'air et V la vitesse propre) et également à la surface ailaire S (surface totale de la voilure).

On définit les coefficients aérodynamiques C_x et C_z qui sont respectivement les coefficients de proportionnalité de R_x et R_z avec $p_c S$.

On définit également C_m , le coefficient de proportionnalité du moment M_y avec $p_c S \ell$ (ℓ étant la longueur de la corde de l'aile).

Ces différentes actions mécaniques s'écriront alors :

$R_x = -\frac{1}{2} \rho S C_x V^2$	$R_z = -\frac{1}{2} \rho S C_z V^2$	$M_y = \frac{1}{2} \rho S \ell C_m V^2$
-------------------------------------	-------------------------------------	---

Actions de propulsion

$$\{T_{moteurs \rightarrow avion}\}_O = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F} = F \vec{x}_\varepsilon \\ \vec{0} \end{array} \right\}_O$$

avec $\vec{x}_\varepsilon = \cos \varepsilon \vec{x}_b - \sin \varepsilon \vec{z}_b$ (ε est l'angle de calage des moteurs par rapport à l'axe longitudinal $\vec{x}_b$).

Action de la pesanteur :

$$\{T_{pesanteur \rightarrow avion}\}_G = \left\{ \begin{array}{l} Mg \vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{array} \right\}_G$$

avec $\vec{z}_0$ vecteur vertical descendant, g accélération de la pesanteur ($g \approx 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).

Grandeurs inertielles : Matrice d'inertie de l'avion en son centre d'inertie G exprimée dans la base avion $\mathcal{B}_b = (\vec{x}_b, \vec{y}_b, \vec{z}_b)$.

$$\bar{I}_{avion, G} = \begin{bmatrix} A & -F & -E \\ -F & B & -D \\ -E & -D & C \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_b}$$

Question 4. D'après la propriété de symétrie de l'avion, indiquer la forme de la matrice d'inertie $\bar{I}_{avion, G}$.

A)	B)	C)	D)
$\begin{bmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & -D \\ 0 & -D & C \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_b}$	$\begin{bmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_b}$	$\begin{bmatrix} A & 0 & -E \\ 0 & B & 0 \\ -E & 0 & C \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_b}$	$\begin{bmatrix} A & -F & 0 \\ -F & B & 0 \\ 0 & 0 & C \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_b}$

Question 5. De plus, en supposant que la dimension de l'avion suivant l'axe $\vec{z}_b$ est faible devant les autres, quelle relation existe-t-il entre les trois moments d'inertie A , B et C ?

A)	B)	C)	D)
$C = \frac{A+B}{2}$	$C = A+B$	$B = \frac{A+2C}{2}$	$A+B+C = 2A$

2. Équations longitudinales

Équation de propulsion :

Question 6. Déterminer l'équation de propulsion (**Eq.P**), en appliquant le théorème de la résultante dynamique à l'avion dans son mouvement par rapport à R_0 galiléen, en projection sur l'axe $\vec{x}_a$.

A)
$M \frac{dV}{dt} = -\frac{1}{2} \rho S C_x V^2 + F \cos(\alpha + \varepsilon) - Mg \sin \gamma$

B)
$M \frac{dV}{dt} = \frac{1}{2} \rho S C_x V^2 - Mg \cos \gamma - F \sin(\alpha + \varepsilon)$

C)
$M \frac{dV}{dt} = -\frac{1}{2} \rho S C_x V^2 - F \sin \alpha - Mg \cos \alpha$

D)
$M \frac{dV}{dt} = -\frac{1}{2} \rho S C_x V^2 - F \sin \varepsilon - Mg \cos \alpha$

Équation de sustentation :

Question 7. Déterminer l'équation de sustentation (**Eq.S**), en appliquant le théorème de la résultante dynamique à l'avion dans son mouvement par rapport à R_0 galiléen, en projection sur l'axe $\vec{z}_a$.

A)
$M \frac{dV}{dt} = \frac{1}{2} \rho S C_z V^2 - F \sin \alpha + Mg \cos \alpha$

B)
$M \frac{dV}{dt} = \frac{1}{2} \rho S C_z V^2 - F \sin \gamma + Mg \cos \alpha$

C)
$-M \frac{dV}{dt} = \frac{1}{2} \rho S C_z V^2 - F \cos \gamma + Mg \sin \alpha$

D)
$-MV \frac{d\gamma}{dt} = -\frac{1}{2} \rho S C_z V^2 - F \sin(\alpha + \varepsilon) + Mg \cos \gamma$

Équation de moment :

Question 8. Déterminer l'équation de moment (**Eq.M**), en appliquant le théorème du moment dynamique à l'avion en G, dans son mouvement par rapport à R_0 galiléen, en projection sur l'axe $\vec{y}_a$.

A)
$C \frac{d\gamma}{dt} = \frac{1}{2} \rho S \ell C_m V^2 + F b \cos \varepsilon$

B)
$B \frac{d\gamma}{dt} = \frac{1}{2} \rho S \ell C_m V^2 + F(b \cos \varepsilon - a \sin \varepsilon)$

C)
$B \frac{d\alpha}{dt} = -\frac{1}{2} \rho S \ell C_m V^2 - F(b \cos \varepsilon + a \sin \varepsilon)$

D)
$A \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{2} \rho S \ell C_m V^2 + F b \cos \varepsilon$

3. Hypothèses simplificatrices de découplage

Trois hypothèses simplificatrices sont couramment utilisées :

- (1) le vecteur poussée $\vec{F}$ est parallèle à la vitesse $\vec{V}$, soit $\vec{F} = F \vec{x}_a$;
- (2) le moment en G de la force de poussée est nul, c'est-à-dire $\vec{M}_{G, \text{moteurs} \rightarrow \text{avion}} = \vec{0}$;
- (3) la pente γ est modérée, soit $\cos \gamma \approx 1$ et $\sin \gamma \approx \gamma$.

Question 9. Indiquer les découplages provoqués par ces hypothèses sur les équations longitudinales (Eq.P, Eq.S et Eq.M).

A)
Hypothèse (1) : Découplage de Eq.P et Eq.S par rapport à F .

B)
Hypothèse (3) : Découplage de Eq.S et Eq.M par rapport à γ .

C)
Hypothèse (1) et Hypothèse (2) : Découplage de Eq.M et Eq.P par rapport à F et γ .

D)
Hypothèse (2) : Découplage de Eq.P et Eq.M par rapport à F .

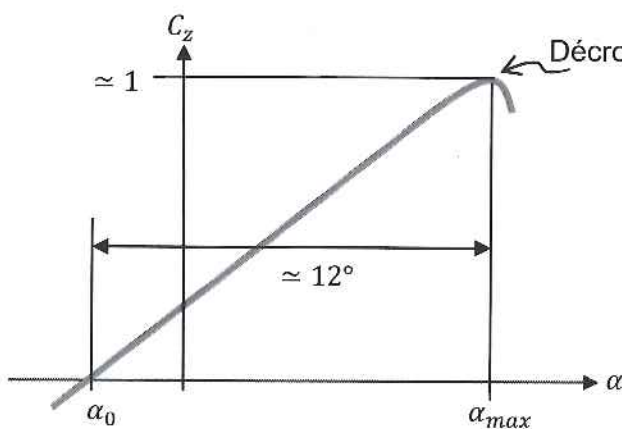
4. Équilibres longitudinaux

Question 10. À l'équilibre, les dérivées temporelles étant nulles, indiquer la nature du vol longitudinal en vous appuyant sur les valeurs prises par les paramètres α , γ et q .

A)	B)	C)	D)
Vol rectiligne uniformément accéléré : $\ddot{\gamma} = 0$	Vol en palier : $\gamma = 0$	Vol rectiligne : $\alpha = cte$ et $q = 0$	Vol de montée ou descente à vitesse constante : $\ddot{\gamma} = 0$

Modèle du coefficient aérodynamique C_z :

Le coefficient de portance C_z est une fonction linéaire de l'incidence (voir Figure 4) tant que l'on n'a pas atteint le décrochage (perte de contrôle de l'avion).



$$C_z = C_z(\alpha) = C_{z\alpha}(\alpha - \alpha_0)$$

avec $C_{z\alpha} = \frac{dC_z}{d\alpha} \approx 5$ pour un avion type A350.

Figure 4 Coefficient de portance C_z en fonction de l'incidence α

Question 11. D'après la figure 4, le décrochage se produit toujours à :

A)	B)	C)	D)
La même incidence	La même vitesse	La même inclinaison	La même assiette

Question 12. D'après l'équation de sustentation (Eq.S), à l'équilibre avec l'hypothèse de découplage, calculer le facteur de charge N_z défini par $N_z = \frac{\text{Portance}}{\text{Poids}} = \frac{\frac{1}{2}\rho S C_z V^2}{Mg}$

A)	B)	C)	D)
$N_z = \frac{\dot{V}\gamma}{g} \approx 0$	$N_z = 1 + \frac{\dot{V}\gamma}{g}$	$N_z = \frac{V\dot{\gamma}}{g}$	$N_z = \cos \gamma \approx 1$

III CALCUL APPROCHÉ DE LA FONCTION DE TRANSFERT DU MODÈLE AVION

Objectif

Déterminer un modèle de connaissance du contrôle de l'incidence et de la pente de l'avion. Cette modélisation sera rendue possible à partir des équations de la mécanique du vol linéarisées autour d'un point de vol.

Le point de vol considéré est caractérisé par :

- vitesse de vol : $V \approx V_0 = \text{cte}$;
- l'angle d'incidence α varie autour de l'incidence d'équilibre α_e avec $\Delta\alpha = \alpha - \alpha_e \in [0^\circ, 15^\circ]$;
- l'avion est en vol longitudinal pur (la pente γ est modérée).

Le modèle de coefficient de moment C_m , pris au centre d'inertie G de l'avion est :

$$C_m = C_{m0} + C_{m\alpha}(\alpha - \alpha_e) + C_{\delta m}\delta$$

Avec :

- C_{m0} , le coefficient de moment constant à l'équilibre ;
- $C_{m\alpha} = \frac{\partial C_m}{\partial \alpha} < 0$, le gradient de coefficient de moment C_m vis-à-vis d'une variation d'incidence α ;
- $C_{\delta m} = \frac{\partial C_m}{\partial \delta} > 0$, le gradient de coefficient de moment C_m vis-à-vis d'une variation d'angle de gouverne δ .

En linéarisant les équations de moment et de sustentation autour du point de vol, on aboutit aux équations différentielles linéaires :

$$B(\ddot{\alpha} + \dot{\gamma}) = \frac{1}{2}\rho S \ell V_0^2 [\alpha C_{m\alpha} + \delta C_{\delta m}] \quad (1)$$

$$\dot{\gamma} = \frac{1}{2M}\rho S V_0 \alpha C_{z\alpha} \quad (2)$$

Question 13. En se plaçant dans les conditions initiales nulles, déterminer les fonctions de transfert

$$H_{inc}(p) = \frac{\alpha(p)}{\delta(p)} \text{ et } H_{pente}(p) = \frac{\gamma(p)}{\alpha(p)}.$$

A)	$H_{inc}(p) = \frac{\frac{1}{2}\rho S \ell V_0^2 C_{\delta m}}{Bp^2 + \frac{B}{2M}\rho S V_0 C_{z\alpha} p - \frac{1}{2}\rho S \ell V_0^2 C_{m\alpha}}$	et	$H_{pente}(p) = \frac{1}{2Mp}\rho S V_0 C_{z\alpha}$
B)	$H_{inc}(p) = \frac{\frac{1}{2}\rho S \ell V_0^2 C_{\delta m}}{Bp^2 + \frac{1}{2M}\rho S V_0 C_{z\alpha} p + \frac{1}{2}\rho S \ell V_0^2 C_{m\alpha}}$	et	$H_{pente}(p) = \frac{2Mp}{\rho S V_0 C_{z\alpha}}$
C)	$H_{inc}(p) = \frac{1}{Bp^2 + \frac{1}{2M}\rho S V_0 C_{z\alpha} p - \frac{1}{2}\rho S \ell V_0^2 C_{m\alpha}}$	et	$H_{pente}(p) = \frac{1}{2Mp}\rho S V_0 C_{z\alpha}$
D)	$H_{inc}(p) = \frac{\frac{1}{2}\rho S \ell V_0^2 C_{\delta m}}{Bp^2 + \frac{B}{2M}\rho S V_0 C_{z\alpha} p - \frac{1}{2}\rho S \ell V_0^2 C_{m\alpha}}$	et	$H_{pente}(p) = \frac{1}{2M}\rho S V_0 C_{z\alpha}$

I MODÈLE CINÉMATIQUE DES GOUVERNES DE PROFONDEUR

Objectifs

Les sollicitations aérodynamiques importantes, subies par la gouverne, conduisent à prendre en compte un montage suffisamment rigide pour le guidage en rotation de la gouverne par rapport au PHR.

Nous montrerons dans un premier temps, que le choix du montage conduit à un mécanisme hyperstatique.

Par contre, pour des conditions évidentes de sécurité, les actionneurs ainsi que les barres de renfort, ne devront pas supporter des sollicitations parasites alternées au niveau des ancrages.

Nous proposerons alors dans un second temps, une modification des liaisons concernées afin de réduire le degré d'hyperstatisme.

Les gouvernes de profondeur sont reliées au PHR par des liaisons pivots et manœuvrées par :

- une servocommande hydraulique (SCH), actionneur principal ;
- un actionneur électro-hydraulique (EHA), utilisé en cas de défaillance.

L'actionneur EHA est alimenté électriquement et l'énergie hydraulique nécessaire à son fonctionnement est produite localement par l'intermédiaire d'une pompe électrique. En mode normal, **cet actionneur fonctionne en amortisseur.**

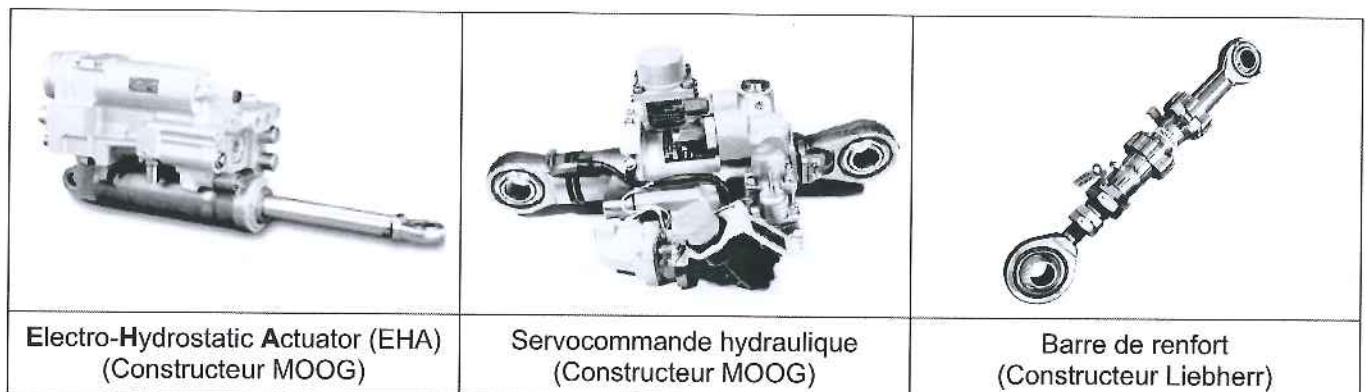
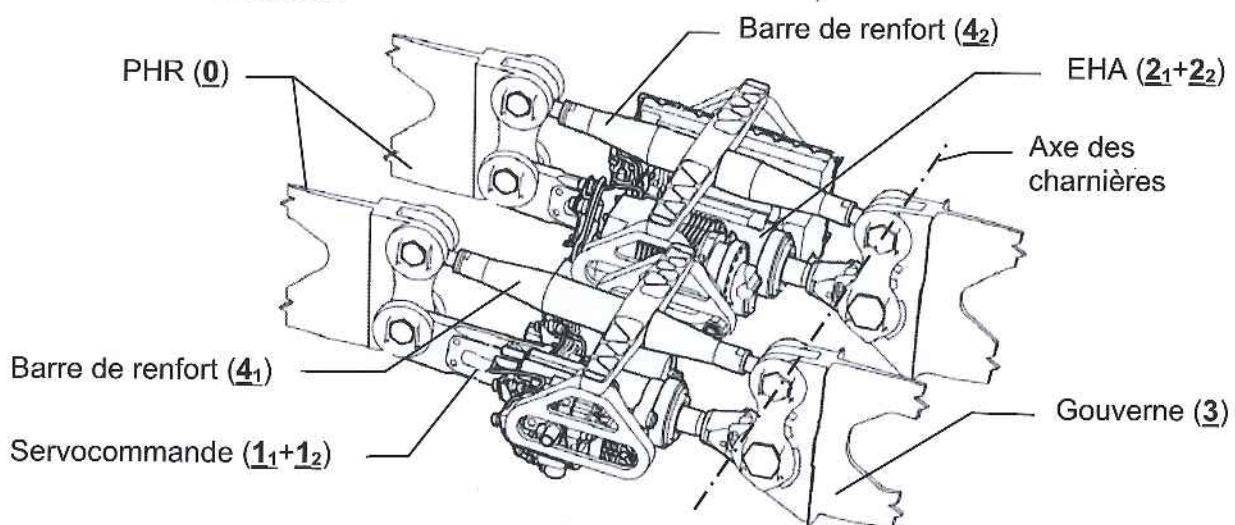


Figure 5 Représentation du mécanisme de commande et photographies des principaux constituants

Le schéma cinématique du mécanisme ainsi que le graphe des liaisons (sans la désignation des liaisons) sont représentés sur la Figure 6.

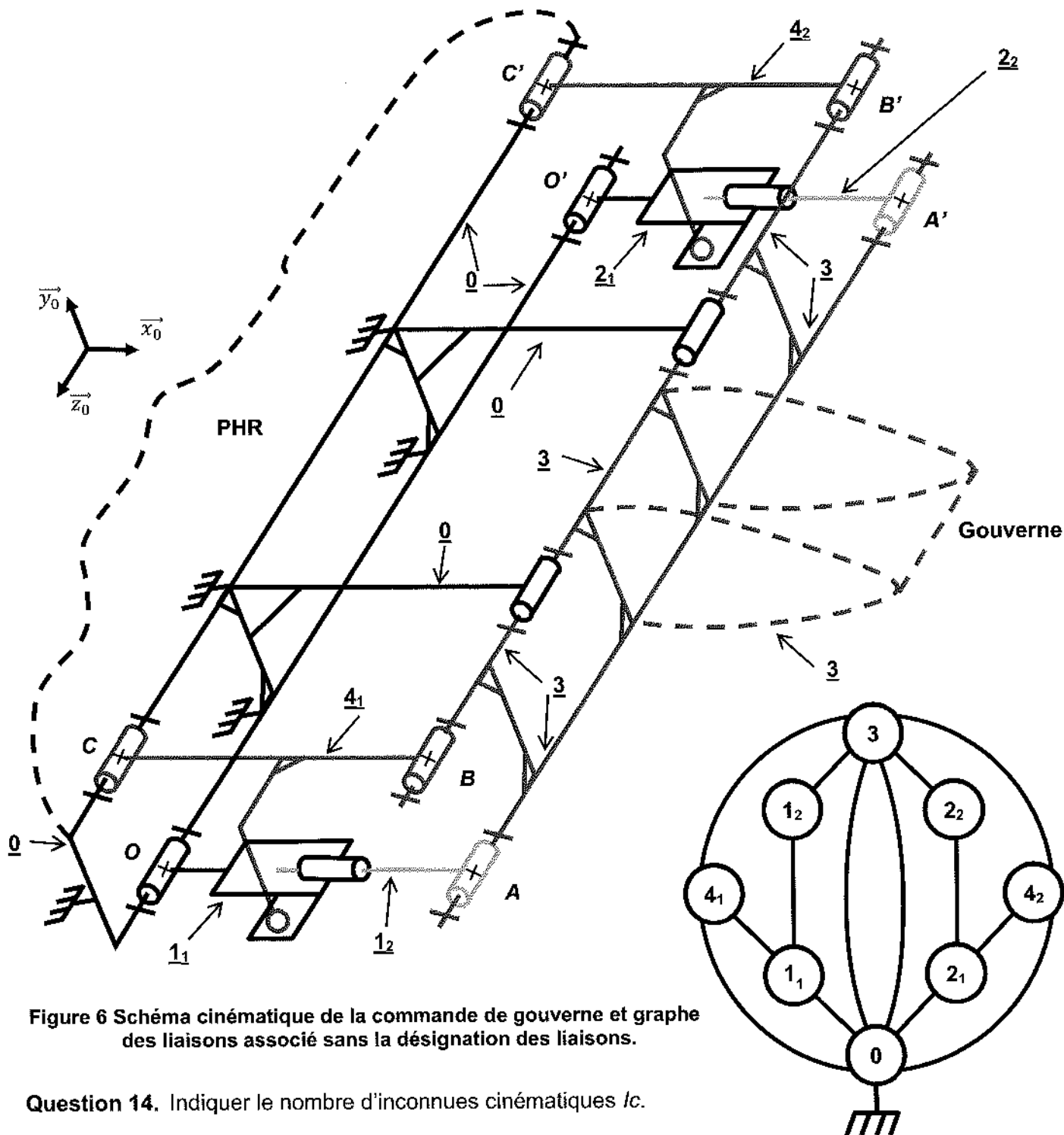


Figure 6 Schéma cinématique de la commande de gouverne et graphe des liaisons associé sans la désignation des liaisons.

Question 14. Indiquer le nombre d'inconnues cinématiques lc .

A)	B)	C)	D)
$lc=16$	$lc=24$	$lc=22$	$lc=20$

Question 15. Déterminer le nombre cyclomatique μ .

A)	B)	C)	D)
$\mu = 7$	$\mu = 5$	$\mu = 8$	$\mu = 4$

Question 16. Déterminer le degré de mobilité cinématique du mécanisme m_c .

A)	B)	C)	D)
$m_c = 0$	$m_c = 2$	$m_c = 1$	$m_c = 5$

Question 17. En déduire le degré d'hyperstatisme h .

A)	B)	C)	D)
$h = 9$	$h = 13$	$h = 17$	$h = 19$

Question 18. Indiquer quels sont les avantages ou inconvénients d'un mécanisme fortement hyperstatique.

A)	Avantage : une diminution des pertes donc un meilleur rendement. De plus, les procédés de fabrication sont simples et peu coûteux.
B)	Avantage : montage rigide nécessaire en raison des actions mécaniques transmissibles importantes.
C)	Inconvénient : des usinages et montages coûteux pour respecter les conditions géométriques relatives des surfaces fonctionnelles.
D)	Inconvénient : un mécanisme hyperstatique ne fonctionne pas correctement, on lui préférera une solution isostatique.

Question 19. Comment modifier les liaisons pivots des vérins et des barres de renfort (en O, A, B, C et O', A', B', C') afin de réduire le degré d'hyperstatisme tout en supprimant les sollicitations « indésirables » ? Il faut les remplacer par :

A)	B)
Des sphères-cylindres.	Des pivots glissants.
C)	D)
Des liaisons sphériques.	Des couples pivot glissant / appui-plan.

II ANALYSE DE LA SERVO-VALVE

Objectif

Analyser le modèle cinématique de la servo-gouverne en vue de justifier le choix de la servo-valve vis-à-vis des performances attendues.

Le modèle retenu pour la suite de l'étude est représenté Figure 7. On fait l'hypothèse d'un mécanisme plan et ne comportant que l'actionneur principal.

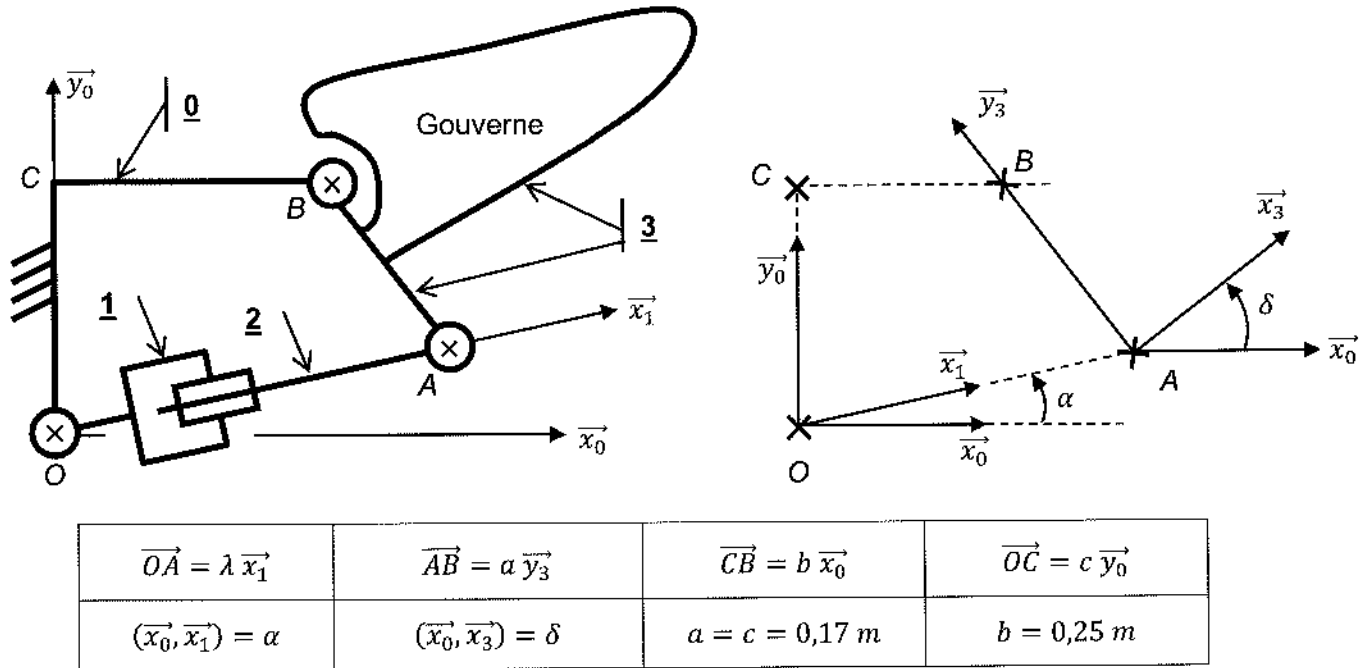


Figure 7 Schéma cinématique d'une servo-gouverne et paramétrage

Question 20. Déterminer la loi entrée-sortie géométrique $\lambda = f(\delta, a, b, c)$.

A)
$\lambda^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab \sin \delta$

B)
$\lambda = \sqrt{(a \sin \delta + b)^2 + (c - a \cos \delta)^2}$

C)
$\lambda \sin \delta = c - a \cos \delta + a \sin \delta - b$

D)
$\lambda \tan \alpha = \frac{a \sin \delta + b}{c - a \cos \delta}$

Les angles de braquage $\delta \in [-12^\circ, 12^\circ]$ et pour la position au repos ($\delta = 0^\circ$) donne $\lambda = \lambda_0 = 0,25 \text{ m}$.

Pour les débattements angulaires maximaux, soit $\delta_{max} = 12^\circ = \frac{\pi}{15} \text{ rad}$, nous remarquons que :

$\frac{\sin \delta_{max} - \delta_{max}}{\sin \delta_{max}} \approx 0.7\%$	et	$\frac{1 - \cos \delta_{max}}{\cos \delta_{max}} \approx 2\%$
--	----	---

Question 21. Justifier la possibilité de linéariser la loi entrée-sortie autour du point de fonctionnement $\delta = 0^\circ$ et $\lambda = \lambda_0$ (rappel $a=c$). En déduire, un modèle linéarisé sous la forme $\delta = A_0 \lambda + B_0$.

A)
Possible car : $a = c$ Alors : $\delta = \frac{\lambda}{2a} - \frac{b}{a}$

B)
Possible car : $\cos \delta \approx 1$ Alors : $\delta = \frac{\lambda}{2a} + \frac{b}{a}$

C)
Possible car : $\sin \delta \approx \delta$ Alors : $\delta = \frac{\lambda}{2a\sqrt{1+\left(\frac{b-a}{a+b}\right)^2}} + \frac{b}{a}\sqrt{1+\left(\frac{b-a}{a+b}\right)^2}$

D)
Possible car : $\sin \delta \approx \delta$ et $\cos \delta \approx 1$ Alors : $\delta = \frac{\lambda}{a} - \frac{b}{a}$

Pour la suite de l'étude, la loi entrée-sortie linéarisée s'écrit :

$$\delta = 6\lambda - 1.5 \text{ avec } \lambda \text{ en mètre et } \delta \text{ en radian.}$$

La commande en vitesse de l'angle de braquage de la gouverne obéit à une loi trapézoïdale (voir Figure 8).

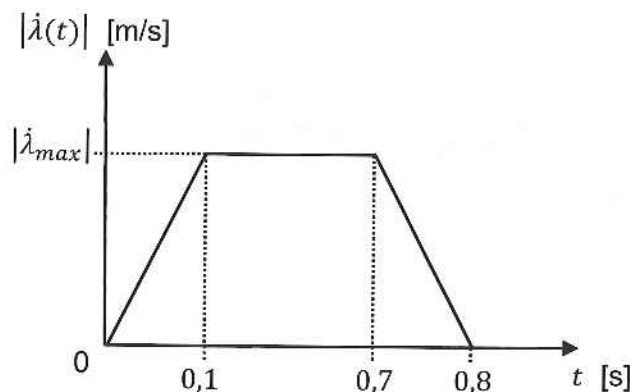


Figure 8 Loi de vitesse en déplacement de la tige du vérin de la servo-commande

Question 22. La course du vérin étant de 7 cm, déterminer alors la vitesse maximale à imposer $|\dot{\lambda}_{max}|$. En déduire alors $|\dot{\delta}_{max}|$.

A)	B)	C)	D)
$ \dot{\lambda}_{max} = 0,1 \text{ m.s}^{-1}$ $ \dot{\delta}_{max} = 0,6 \text{ rad.s}^{-1}$	$ \dot{\lambda}_{max} = 1 \text{ m.s}^{-1}$ $ \dot{\delta}_{max} = 34^\circ.\text{s}^{-1}$	$ \dot{\lambda}_{max} = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$ $ \dot{\delta}_{max} = 3 \text{ rad.s}^{-1}$	$ \dot{\lambda}_{max} = 0,01 \text{ m.s}^{-1}$ $ \dot{\delta}_{max} = 3,4^\circ.\text{s}^{-1}$

Afin de justifier le choix de la servo-valve pour l'actionneur EHA de secours, on souhaite comparer son débit nominal Q_{nom} devant le débit maximum Q_{max} nécessaire pour la manœuvre de la gouverne.

En première approximation, les hypothèses suivantes sont retenues :

- fluide incompressible ;
- fuites négligées ;
- débit constant assuré par la pompe électrique.

Les données techniques relatives à la transmission hydraulique sont :

Vérin	Servo-valve
Vérin hydraulique double effet symétrique Section utile $S = 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	Gain pur : $K_s = 20 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{A}^{-1}$ Intensité nominale : $I_{nom} = 40 \text{ mA}$

Question 23. À partir de la loi de commande de la gouverne, calculer le débit maximum Q_{max} nécessaire.

A)	B)	C)	D)
$2,5 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$	$0,25 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$	$0,00125 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$0,0125 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Pour ne pas altérer la sécurité et la durée de vie de la transmission hydraulique, la servo-valve ne doit pas travailler à pleine puissance.

Ainsi, le débit nominal sera majoré en vérifiant que $Q_{max} \leq 65\% Q_{nom}$, cela permet de prendre en compte les pertes par frottements sec et visqueux, les pertes de charges, les fuites ainsi qu'une utilisation à moyenne puissance de la servo-valve.

Question 24. Déterminer le débit nominal Q_{nom} de la servo-valve choisie. Préciser si ce choix est correct vis-à-vis de la recommandation ci-dessus.

A)	B)	C)	D)
$Q_{nom} \approx 0,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{nom} \approx 0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{nom} \approx 0,8 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{nom} \approx 4 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$
Choix incorrect	Choix validé	Choix validé	Choix incorrect

III FONCTION DE TRANSFERT DE LA SERVO-GOUVERNE

Objectif

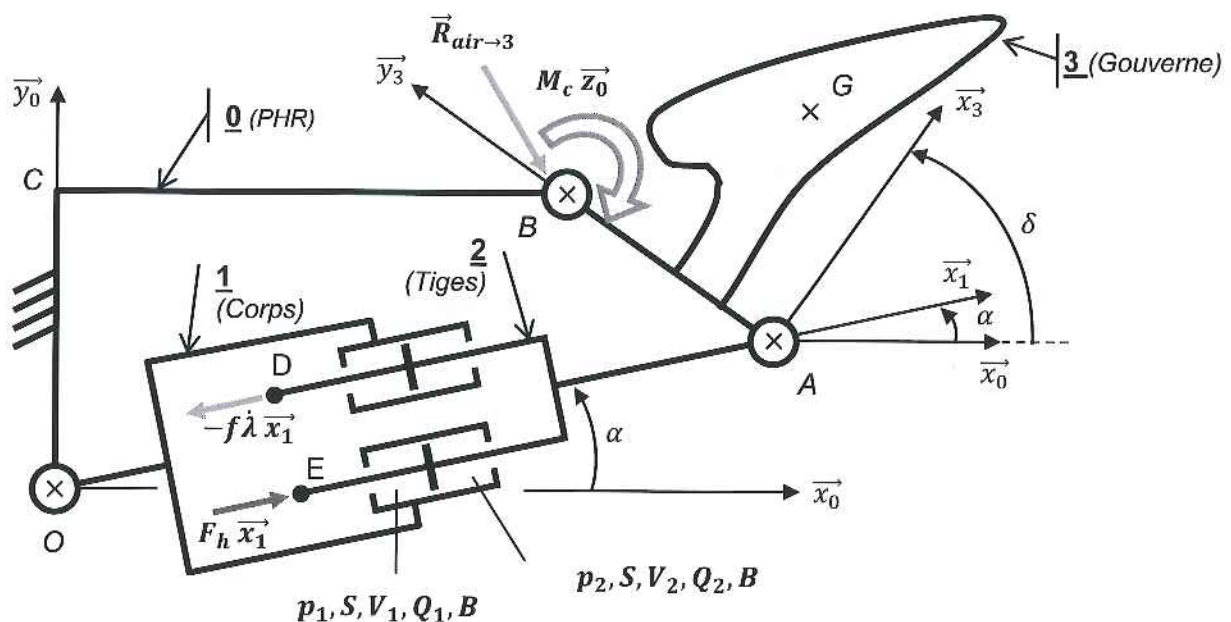
Déterminer un modèle de connaissance de la servo-commande qui pourra être utilisé dans la chaîne d'asservissement étudiée en partie C.

L'objectif étant de déterminer l'expression de la fonction de transfert de la servo-gouverne, on adoptera la représentation cinématique et mécanique proposée sur la Figure 9.

Le vérin hydraulique (SCH) est utilisé en tant qu'actionneur alors que le vérin (EHA) est utilisé en tant qu'amortisseur.

Hypothèses :

- on considère que les deux tiges des vérins ont la même masse m_t ;
- le débattement angulaire α étant faible, on néglige la rotation des corps des vérins (d'où la forme des torseurs cinématiques proposés). Ainsi, l'énergie cinétique de **1/0** sera négligée, $T_{1/0} \approx 0$;
- on néglige les forces de pesanteur devant les actions mécaniques mises en jeu.



$\overrightarrow{OA} = \lambda \overrightarrow{x_1}$	$\overrightarrow{AB} = a \overrightarrow{y_3}$	$\overrightarrow{CB} = b \overrightarrow{x_0}$	$\overrightarrow{OC} = c \overrightarrow{y_0}$
$\overrightarrow{BG} = d \overrightarrow{x_3} + e \overrightarrow{y_3}$	$\overrightarrow{AD} \cdot \overrightarrow{y_1} = \overrightarrow{EA} \cdot \overrightarrow{y_1} = h$	$\alpha = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_1})$	$\delta = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_3})$

Figure 9 Modélisation de la servo-gouverne

	Solide 2	Solide 3
Torseurs des actions mécaniques	Frottements visqueux : $\{T_{f \rightarrow 2}\}_D = \begin{Bmatrix} -f\dot{\lambda} \vec{x}_1 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_D$ f : coefficient de frottement visqueux de l'amortisseur. Actions hydrauliques : $\{T_{h \rightarrow 2}\}_E = \begin{Bmatrix} F_h \vec{x}_1 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_E$	Actions aérodynamiques : $\{T_{air \rightarrow 3}\}_G = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{air \rightarrow 3} \\ M_c \vec{z}_0 \end{Bmatrix}_G$ M_c est le moment de charnière de la gouverne. Remarque : $M_c < 0$ si $\delta > 0$ (moment à cabrer).
Torseurs cinématiques	$\{V_{2/0}\}_A = \begin{Bmatrix} \vec{\Omega}_{2/0} \approx \vec{0} \\ \dot{\lambda} \vec{x}_1 \end{Bmatrix}_A$	$\{V_{3/0}\}_B = \begin{Bmatrix} \vec{\Omega}_{3/0} = \dot{\delta} \vec{z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_B$
Grandeurs inertielles	Les deux tiges des vérins ont la même masse m_t soit : $m_2 = 2 m_t$	La gouverne, de masse m_3, a pour matrice d'inertie exprimée en son centre d'inertie G suivant la base $\mathcal{B}_3 = (\vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$: $\bar{I}_{3,G} = \begin{bmatrix} A_3 & -F_3 & 0 \\ -F_3 & B_3 & 0 \\ 0 & 0 & C_3 \end{bmatrix}_{\mathcal{B}_3}$
Données	Force exercée par le vérin hydraulique : $F_h = (p_1 - p_2)S$ Avec : S, section utile du vérin ; p_i, pression dans la chambre i ($i \in \llbracket 1,2 \rrbracket$) <u>On définit également :</u> V_i, volume de la chambre i Q_i, débit dans la chambre i ($i \in \llbracket 1,2 \rrbracket$) B, module de compressibilité du fluide	$M_c = \frac{1}{2} \rho S_G V^2 \ell_c C_m$ ρ : masse volumique de l'air ; S_G : surface aérodynamique de la gouverne ; V : vitesse de l'air par rapport à l'avion ; ℓ_c : longueur de la corde de la gouverne ; C_m : coefficient de charnière. Dans les conditions de vol définies page 9, nous admettons la relation simplifiée $C_m = -1,5 \delta$; δ : angle de braquage de la gouverne exprimé en radian. Afin d'alléger l'écriture on adoptera la notation suivante : $M_c = -\delta N_0$ avec : $N_0 = \frac{3}{4} \rho S_G V^2 \ell_c$

Tableau 1 Propriétés cinétiques et mécaniques

Question 25. Donner l'expression de l'énergie cinétique de l'ensemble mobile $\Sigma = \{2 + 3\}$ par rapport au référentiel $R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ supposé galiléen, que l'on notera $T_{\Sigma/0}$.

A)	B)
$\frac{1}{2} (2 m_t) \dot{\lambda}^2 + \frac{1}{2} [C_3 + m_3 (d^2 + e^2)] \dot{\delta}^2$	$\frac{1}{2} (2 m_t) \dot{\lambda}^2 + \frac{1}{2} C_3 \dot{\delta}^2$
C)	D)
$\frac{1}{2} m_t \dot{\lambda}^2 + \frac{1}{2} B_3 \dot{\delta}^2$	$\frac{1}{2} (2 m_t) \dot{\lambda}^2 + \frac{1}{2} (C_3 + m_t d^2) \dot{\delta}^2$

Question 26. On rappelle que le modèle linéarisé de la loi entrée-sortie de la servo-gouverne s'écrit $\delta = A_0 \lambda + B_0$. Déterminer le moment d'inertie équivalent J_{eq} de l'ensemble mobile $\Sigma = \{2 + 3\}$ ramené sur l'axe de charnière $(B, \vec{z}_0)$.

A)	B)	C)	D)
$\frac{m_t}{A_0} + B_3$	$\frac{2 m_t}{A_0^2} + C_3 + m_3(d^2 + e^2)$	$\frac{2 m_t}{A_0^2} + C_3 + 2 m_t d^2$	$2 m_t + C_3$

Question 27. Calculer les puissances galiléennes, développées par les efforts extérieurs et les inter-efforts, appliquées sur l'ensemble mobile $\Sigma = \{2 + 3\}$ et notées respectivement P_{ext} et P_{int} .

A)	B)
$P_{int} = f \dot{\alpha}^2 + (p_2 - p_1) S \dot{\delta}$	$P_{int} = -f \dot{\lambda}^2 + (p_1 - p_2) S \dot{\lambda}$
C)	D)
$P_{ext} = -\delta N_0 \dot{\delta}$	$P_{ext} = \delta N_0 \dot{\lambda}$

Question 28. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble mobile $\Sigma = \{2 + 3\}$, déterminer l'équation différentielle régissant le mouvement de braquage de la gouverne.

A)	B)
$J_{eq} \ddot{\delta} + f \dot{\delta} + N_0 \delta = (p_1 - p_2) S$	$J_{eq} \ddot{\delta} + \frac{f}{B_0^2} \dot{\delta} - N_0 \delta = \frac{(p_1 - p_2) S}{A_0} \dot{\delta}$
C)	D)
$\frac{1}{2} J_{eq} \ddot{\delta} + \frac{2f}{A_0^2} \dot{\delta} + \frac{N_0}{A_0^2} \delta = \frac{(p_1 - p_2) S}{A_0^2}$	$J_{eq} \ddot{\delta} + \frac{f}{A_0^2} \dot{\delta} + N_0 \delta = \frac{(p_1 - p_2) S}{A_0}$

Modélisation du vérin hydraulique de la servo-gouverne (SCH) :

Les équations des débits du vérin sont les suivantes :

$$Q_1(t) = S \frac{d\lambda}{dt} + \frac{V_1}{B} \times \frac{dp_1}{dt}$$

$$Q_2(t) = S \frac{d\lambda}{dt} - \frac{V_2}{B} \times \frac{dp_2}{dt}$$

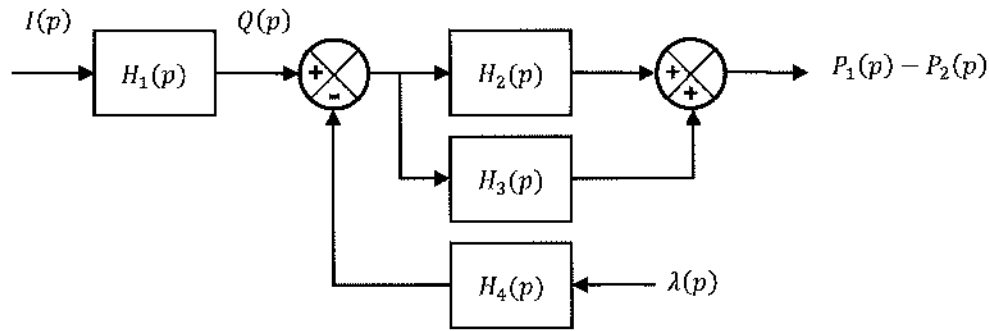
Les différentes variables sont définies dans le Tableau 1 page 17.

Hypothèses :

- Conservation des débits (débit de fuite négligé), soit $Q_1(t) = Q_2(t) = Q(t)$;
- Servo-valve à commande proportionnelle, soit $Q(t) = K_s i(t)$ avec :
 - K_s , gain de la servo-valve [L.s⁻¹.A⁻¹] ;
 - $i(t)$, intensité du courant de commande de la servo-valve [A].

Par convention, la fonction dite **transformée de Laplace** de $f(t)$ sera notée $F(p)$.

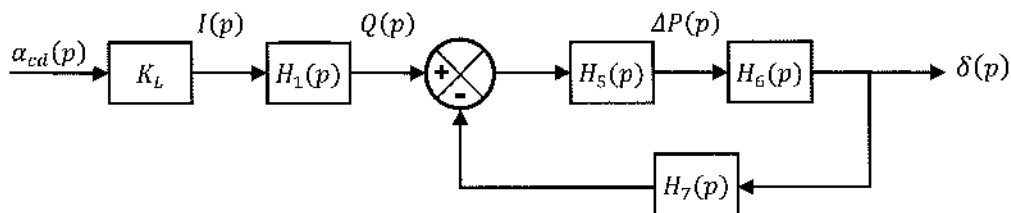
Le modèle de connaissance de la servo-valve ainsi que du vérin peut être représenté par le schéma-blocs ci-après.



Question 29. Déterminer les fonctions de transferts $H_i(p)$ ($i \in \llbracket 1,4 \rrbracket$).

A)	$H_1(p) = \frac{1}{K_s}$	$H_2(p) = \frac{V_1 p}{B}$	$H_3(p) = \frac{V_2 p}{B}$	$H_4(p) = \frac{1}{Sp}$
B)	$H_1(p) = K_s$	$H_2(p) = \frac{B}{V_1 p}$	$H_3(p) = \frac{B}{V_2 p}$	$H_4(p) = Sp$
C)	$H_1(p) = \frac{1}{K_s}$	$H_2(p) = \frac{V_1}{B}$	$H_3(p) = \frac{V_2}{B}$	$H_4(p) = \frac{1}{S}$
D)	$H_1(p) = K_s$	$H_2(p) = \frac{Bp}{V_1}$	$H_3(p) = \frac{Bp}{V_2}$	$H_4(p) = S$

Le modèle complet de la servo-gouverne est proposé ci-dessous.



Avec :

- K_L , un gain pur [$A \cdot rad^{-1}$] permettant l'adaptation de la commande d'incidence $\alpha_{cd}(p)$ en intensité du courant électrique $I(p)$;
- $\Delta P(p)$, la différence de pression : $\Delta P(p) = P_1(p) - P_2(p)$;

Par ailleurs, on introduit la raideur hydraulique $r_h = \left(\frac{B}{V_1} + \frac{B}{V_2} \right) S^2$ et on rappelle la relation $\delta = A_0 \lambda + B_0$.

Question 30. À partir des résultats des questions précédentes, déterminer les fonctions de transferts $H_i(p)$ ($i \in \llbracket 5,7 \rrbracket$).

A)	$H_5(p) = \frac{1}{S}$	$H_6(p) = \frac{r_h S^2}{J_{eq} p^2 + \frac{f}{A_0^2} p + N_0}$	$H_7(p) = \frac{1}{A_0}$
B)	$H_5(p) = r_h$	$H_6(p) = \frac{S p}{J_{eq} p^2 + \frac{f}{A_0^2} p + N_0}$	$H_7(p) = \frac{1}{A_0}$
C)	$H_5(p) = \frac{1}{S}$	$H_6(p) = \frac{r_h S p}{J_{eq} p^2 + \frac{f}{A_0^2} p + N_0}$	$H_7(p) = \frac{1}{A_0}$
D)	$H_5(p) = \frac{r_h}{p S^2}$	$H_6(p) = \frac{\frac{S}{A_0}}{J_{eq} p^2 + \frac{f}{A_0^2} p + N_0}$	$H_7(p) = \frac{S p}{A_0}$

Question 31. Déterminer la fonction de transfert de la servo-gouverne $H_{gouv}(p) = \frac{\delta(p)}{\alpha_{cd}(p)}$.

A)	B)
$H_{gouv}(p) = \frac{\frac{A_0 K_l K_S}{S}}{p \left[1 + \left(\frac{f}{r_h} \right) p + \left(\frac{J_{eq} A_0^2}{r_h} \right) p^2 \right]}$	$H_{gouv}(p) = \frac{\frac{A_0 K_l K_S}{S}}{\left[1 + \left(\frac{f}{r_h} \right) p + \left(\frac{J_{eq} A_0^2}{r_h} \right) p^2 \right]}$
C)	D)
$H_{gouv}(p) = \frac{\frac{A_0 r_h K_l K_S}{S(r_h + N_0 A_0^2)}}{p \left[1 + \left(\frac{f}{r_h + N_0 A_0^2} \right) p + \left(\frac{J_{eq} A_0^2}{r_h + N_0 A_0^2} \right) p^2 \right]}$	$H_{gouv}(p) = \frac{\frac{A_0 r_h}{S(r_h + N_0 A_0^2)}}{\left[1 + \left(\frac{f}{r_h + N_0 A_0^2} \right) p + \left(\frac{J_{eq} A_0^2}{r_h + N_0 A_0^2} \right) p^2 \right]}$

I SONDE D'INCIDENCE

Objectifs

Concevoir la chaîne d'asservissement de la loi de commande en incidence. Pour cela, un modèle de comportement des capteurs (sondes) d'incidence sera étudié dans un premier temps. Nous verrons dans un second temps, comment introduire une méthode de protection d'incidence (triplex) permettant d'écarter le risque de décrochage.

Les sondes d'incidence permettent de mesurer l'angle d'attaque de l'avion, nommé alpha : α . Elles sont au nombre de trois et disposées sur le nez de l'avion (voir Figure 10).

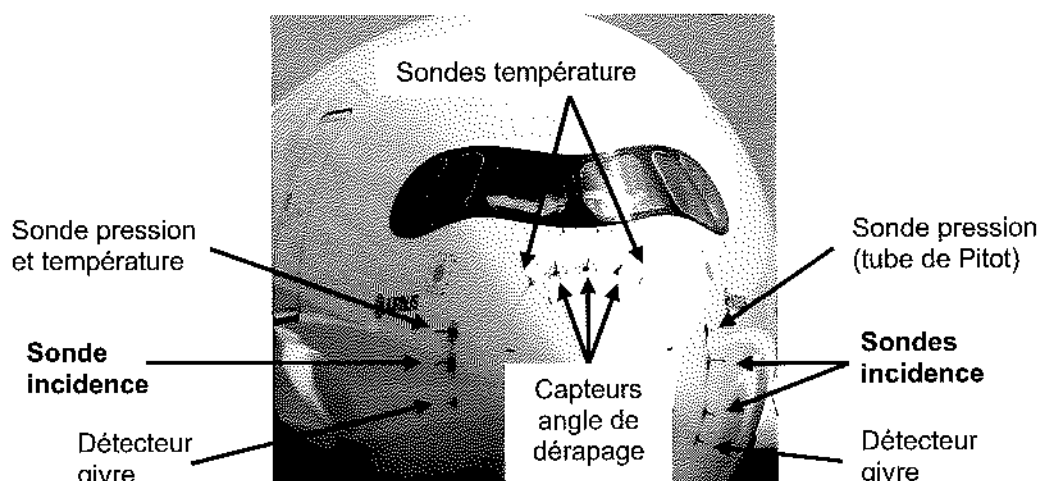


Figure 10 Positionnement des capteurs A350 XWB

Leur fonctionnement est identique à celui d'une girouette. Une pale s'oriente automatiquement dans le flux d'air, permettant ainsi de relever l'angle d'inclinaison de l'appareil (voir Figure 11).

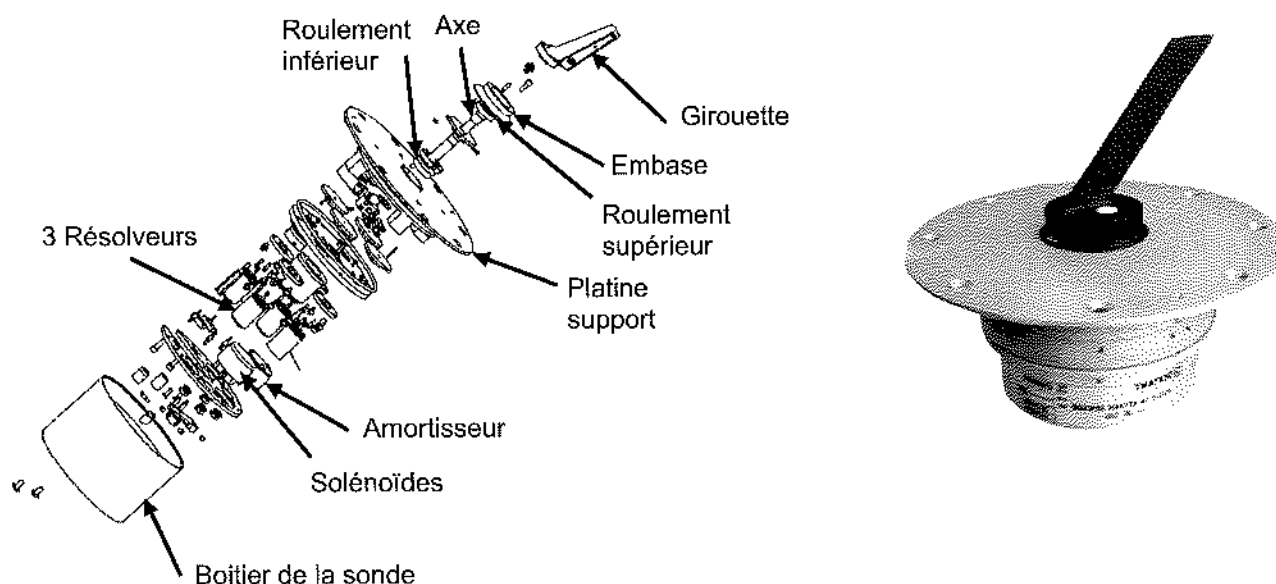


Figure 11 Sonde d'incidence - vue éclatée

1. Modèle de comportement des sondes d'incidence

Essais en soufflerie

Des essais en soufflerie jusqu'à la vitesse de l'air de 210 kt (108 m/s) ont été effectués par l'équipementier. Les réponses fréquentielles indiquent que les sondes ont toutes un modèle de comportement du second ordre (voir Figure 12).

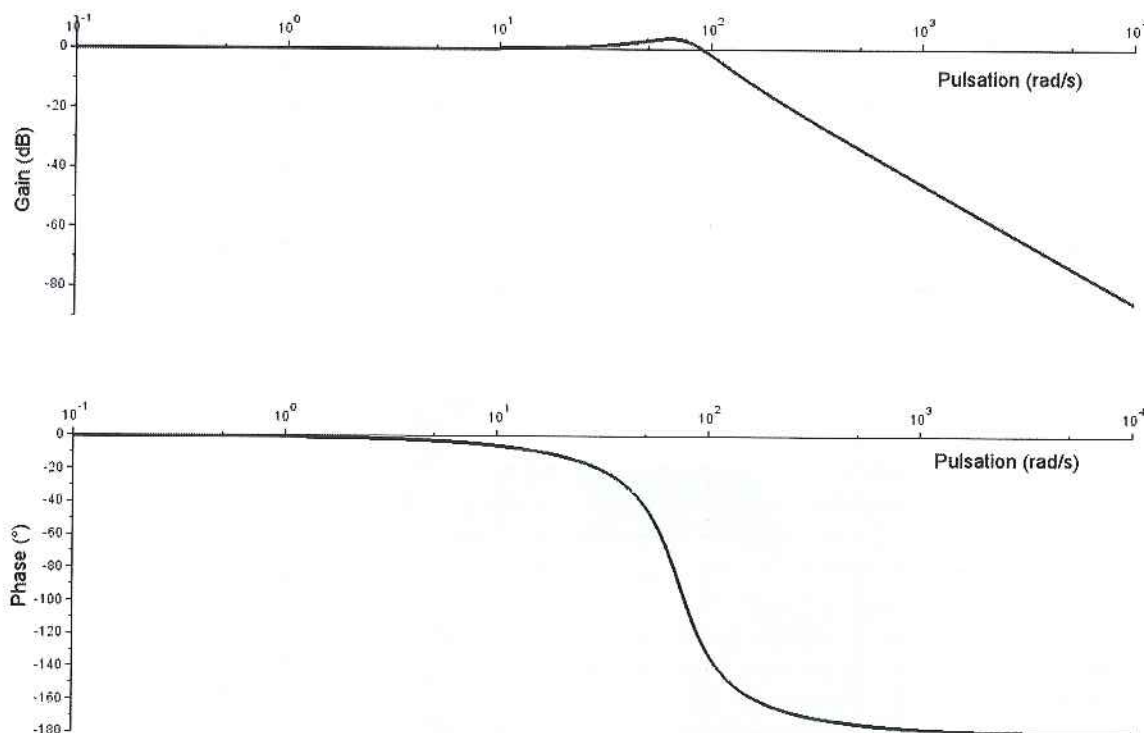


Figure 12 Diagrammes de Bode (Gain/Phase) d'une sonde d'incidence à la vitesse $V=150\text{kt}$

La fonction de transfert de la sonde d'incidence sera notée :

avec ξ_c le coefficient d'amortissement et ω_c la pulsation propre non amortie de la sonde.

$$H_{cap}(p) = \frac{1}{1 + 2\xi_c \frac{p}{\omega_c} + \frac{p^2}{\omega_c^2}}$$

Le Tableau 2 donne les résultats d'identification obtenus en soufflerie pour différentes vitesses de l'air.

Vitesse air (kt) ⁽³⁾	Vitesse air (m/s)	ω_c (rad/s)	ξ_c	$f_c = \frac{\omega_c}{2\pi}$ (Hz)	$T_c = \frac{1}{f_c}$ (s)
90	46.3	54,1	0,559	8,61	0,12
110	56.6	59,6	0,484	9,49	0,11
130	66.9	65,2	0,424	10,38	0,10
150	77.2	73,5	0,354	11,70	0,09
170	87.5	87,5	0,276	13,93	0,07
190	97.8	101,4	0,228	16,14	0,06
210	108.0	115,4	0,2	18,37	0,05

Tableau 2 Résultats d'identification des sondes d'incidence

³ Vitesse en nœud, c'est-à-dire milles/heure : $1 \text{ kt} \approx 1,852 \text{ km.h}^{-1} \approx 0,514 \text{ m.s}^{-1}$

Échantillonnage : vérification de la fréquence d'échantillonnage

Le traitement et l'utilisation de l'angle d'incidence mesurée par les sondes, sont effectués par le calculateur principal FCPC (*Flight Control Primary Computer*, voir Figure 13) qui est cadencé à **25 Hz**.

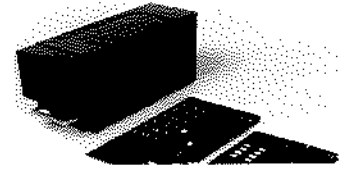


Figure 13 Calculateur principal FCPC.

Question 32. Déterminer le pas de calcul du calculateur.

A)	B)	C)	D)
40 ms	4 ms	7 ms	0,25 s

On rappelle que la réponse indicielle d'un système du second ordre sous-amorti possède une pseudo-période T qui s'exprime en fonction du coefficient d'amortissement ξ_c :

$$T = \frac{2\pi}{\omega_c \sqrt{1-\xi_c^2}} \text{ soit une fréquence } f = \frac{\omega_c \sqrt{1-\xi_c^2}}{2\pi}$$

Comme nous sommes en présence d'un système du second ordre faiblement amorti (surtensif), la fréquence de coupure à -3dB n'a pas beaucoup de signification. On regardera donc la fréquence propre des sondes pour quantifier la bande passante.

Ainsi la fréquence maximum du signal de sortie en incidence α sera telle que $f_{\max} \approx \frac{\omega_c}{2\pi} = f_c$.

On admettra que le choix de la fréquence d'échantillonnage f_e impose que le signal ne doit pas comporter de composante de **fréquence supérieure** à $\frac{f_e}{2}$ (Théorème de Shannon).

Question 33. Indiquer la plage de vitesse pour laquelle la règle d'échantillonnage est vérifiée, c'est-à-dire telle que $f_{\max} < \frac{f_e}{2}$.

A)	B)
La vitesse air doit être supérieure à 150 kt.	Toutes les vitesses conviennent.
C)	D)
Aucune car $\xi_c < 1$ donc il y aura du dépassement.	La vitesse air doit être comprise entre 90 kt et 150 kt.

Question 34. Pourquoi la dynamique des sondes à haute vitesse ne présente-t-elle pas d'intérêt significatif ?

- A) Les vitesses de vol réclamant une forte dynamique en incidence sont en dessous de 150 kt.
- B) À haute vitesse, le gain très faible annule complètement la mesure du capteur. Les sondes ne sont donc plus utilisables.
- C) Aucun intérêt, car un avion de transport ne dépasse jamais la vitesse de 170 kt.
- D) Les hautes vitesses se retrouvent pour des vols en croisière au-dessus de 10 000 m (40 000 ft). À cette altitude, il n'y a pas d'obstacle donc la dynamique sera faiblement sollicitée.

Les réponses temporelles mesurées lors des essais en soufflerie (voir Figure 14) correspondent à une sollicitation de consigne de type trapézoïdale. La pente de la rampe imposée de $10^\circ/\text{s}$ est au-delà du domaine de variation classique de l'incidence afin d'assurer un facteur de sécurité supplémentaire.

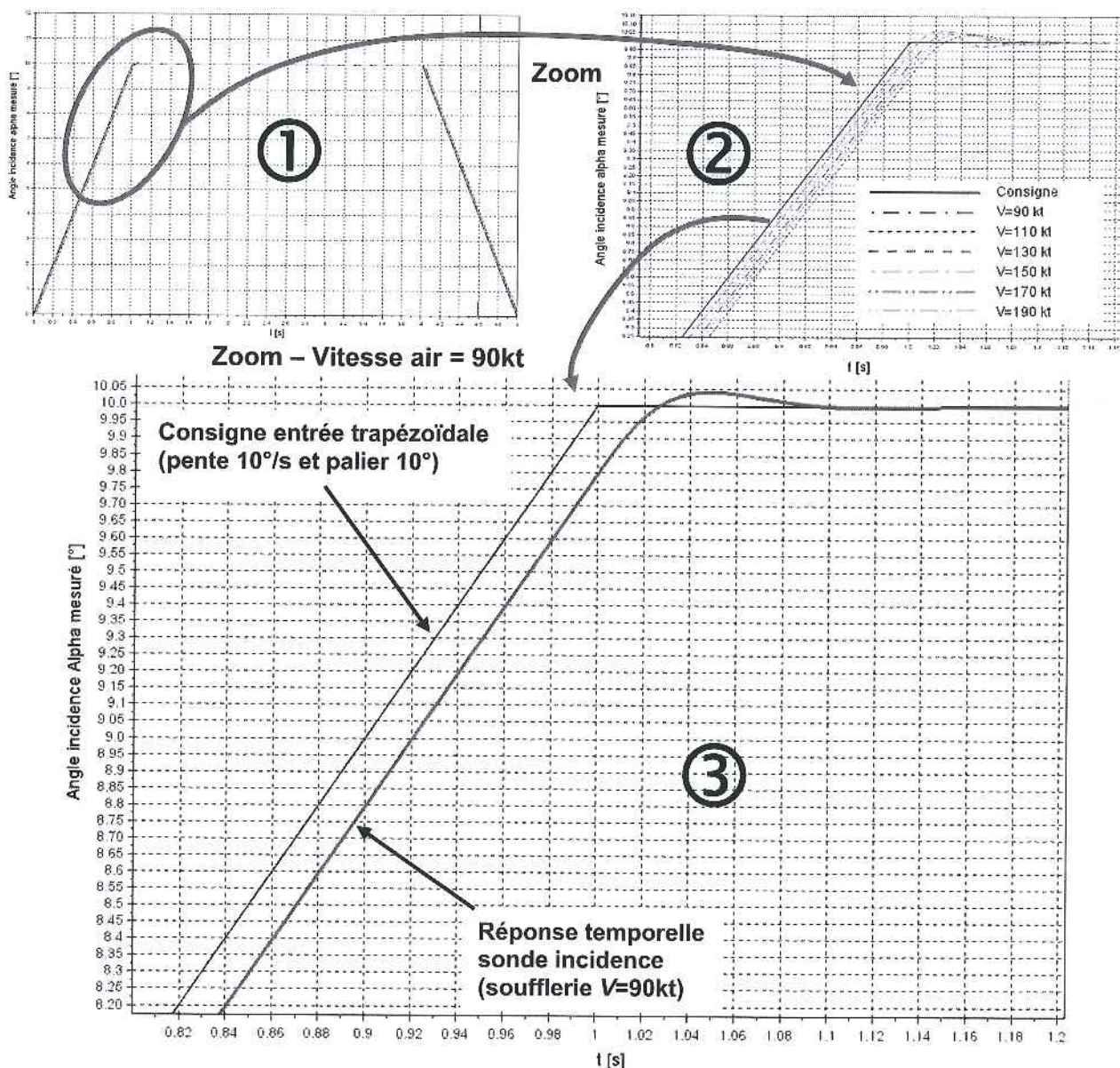


Figure 14 Réponses temporelles des sondes d'incidence pour différentes vitesses air ① consigne entrée trapézoïdale et réponses ② Zoom sur la transition poursuite-échelon ③ Zoom pour la réponse ($V=90\text{kt}$)

On définit l'erreur telle que $\varepsilon(t) = \alpha_c(t) - \alpha(t)$.

Question 35. Pour une entrée de type rampe $\alpha_c(t) = \dot{\alpha}_{max} t u(t)$, exprimer l'erreur de traînage notée $\varepsilon_t = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t)$ en fonction de $\dot{\alpha}_{max}$, ξ_c et ω_c (On note $u(t)$ la fonction échelon unitaire).

A)
$\varepsilon_t = 0^\circ$ car le gain est unitaire

B)
$\varepsilon_t = \frac{1}{\xi_c \omega_c} \dot{\alpha}_{max}$

C)
$\varepsilon_t = \frac{2\xi_c}{\omega_c} \dot{\alpha}_{max}$

D)
$\varepsilon_t \rightarrow \infty$ car la pente de la rampe n'est pas unitaire

Question 36. Dans le cas le plus défavorable pour une vitesse air de 90 kt, déterminer la valeur de l'erreur de traînage.

A)	B)	C)	D)
$\varepsilon_t = 8^\circ$	$\varepsilon_t = 3^\circ$	$\varepsilon_t = 0^\circ$	Non défini

Question 37. Déterminer le retard de traînage T_{at} . Est-il compatible vis-à-vis du pas de calcul du calculateur FCPC ?

A)
Incompatible car : $T_{at} = 40 \text{ ms} > \text{pas de calcul du FCPC}$

B)
Compatible car : $T_{at} = 2 \text{ ms} < \text{pas de calcul du FCPC}$

C)
Incompatible car : $T_{at} = 10 \text{ ms} > \text{pas de calcul du FCPC}$

D)
Compatible car : $T_{at} = 20 \text{ ms} < \text{pas de calcul du FCPC}$

Question 38. La valeur de l'incidence utilisée par le calculateur, dans la loi de protection (prot α) est filtrée par un premier ordre de constante de temps 0,1 s (10 Hz). Indiquer l'intérêt de ce filtrage.

A)
Le faible amortissement de la sonde n'a pas d'influence sur la loi prot α , car il est « gommé » par le filtre.

B)
Ce filtrage permet d'améliorer la rapidité.

C)
Ce filtrage permet de s'affranchir des bruits de mesure.

D)
Ce filtrage permet d'augmenter la fréquence d'échantillonnage.

La criticité dans les lois de contrôle de la commande de vol nécessite d'utiliser **3 sources indépendantes** (3 sondes sur l'A350 XWB, voir Figure 10), pour élaborer la valeur retenue de l'angle d'incidence.

Le vote permet de calculer une valeur unique à partir des trois valeurs mesurées par les sondes, on parle de méthode « triplex ».

Cette méthode de calcul dépend du nombre de sources de mesure valides et diffère selon les avionneurs. Le constructeur Airbus a opté pour une méthode « triplex » définie selon le sous-programme Python proposé Figure 15, permettant la passivation d'une mesure erronée.

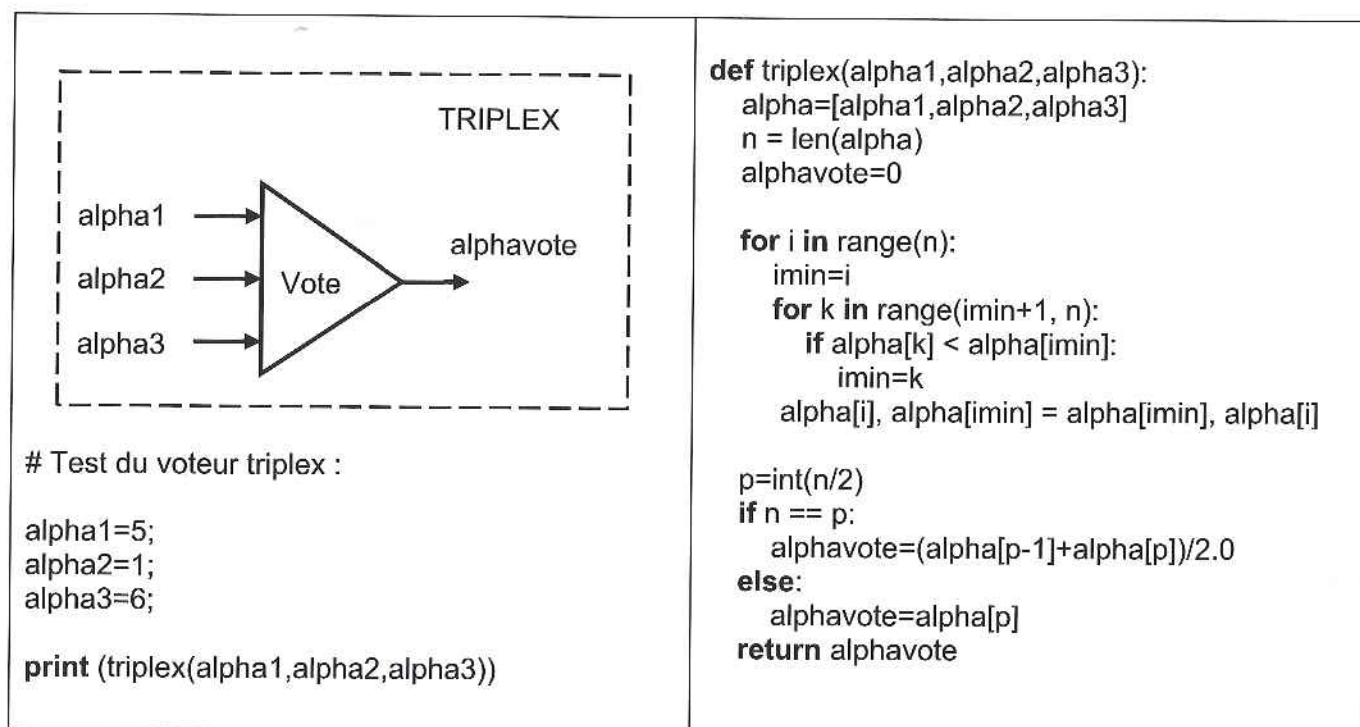


Figure 15 Méthode « triplex » - Sous-programme du vote d'incidence alphavote

Question 39. En vous appuyant sur le programme ci-dessus calculant l'angle d'incidence **alphavote** à partir des 3 mesures des sondes (notées **alpha1**, **alpha2** et **alpha3**), indiquer la méthode « triplex » retenue par le constructeur Airbus pour le vote de l'angle d'incidence.

A)	B)
alphavote correspond à la moyenne des 3 angles mesurés.	alphavote correspond à la moyenne de la médiane des 3 angles mesurés avec la valeur de l'angle minimum.
C)	D)
alphavote correspond à la moyenne des 2 angles les plus élevés (passivation de l'angle faible).	alphavote correspond à la médiane des 3 angles mesurés.

Question 40. Indiquer la valeur du vote calculé lors du test de la fonction triplex pour (alpha1, alpha2, alpha3)=(5, 2, 6).

A)	B)	C)	D)
alphavote = 4	alphavote = 5	alphavote = 3	alphavote = 5,5

II LOI DE PROTECTION EN INCIDENCE

Objectif

Pour conclure, une modélisation complète de l'asservissement sera proposée pour déterminer un correcteur adapté aux exigences du cahier des charges.

1. Contexte

Si le pilote force sur le manche (maintien en position arrière) alors dès que l'incidence α dépasse un seuil de protection noté α_{prot} , la stratégie de contrôle change, soit un passage de la loi normale (condition de vol standard) à la loi de protection d'incidence (condition de vol dynamique).

Ainsi le manche commande désormais une consigne d'incidence (voir Figure 16).

En pilotant explicitement le paramètre à protéger, cela garantit la meilleure trajectoire d'obstacle (manœuvre d'évitement instinctive).

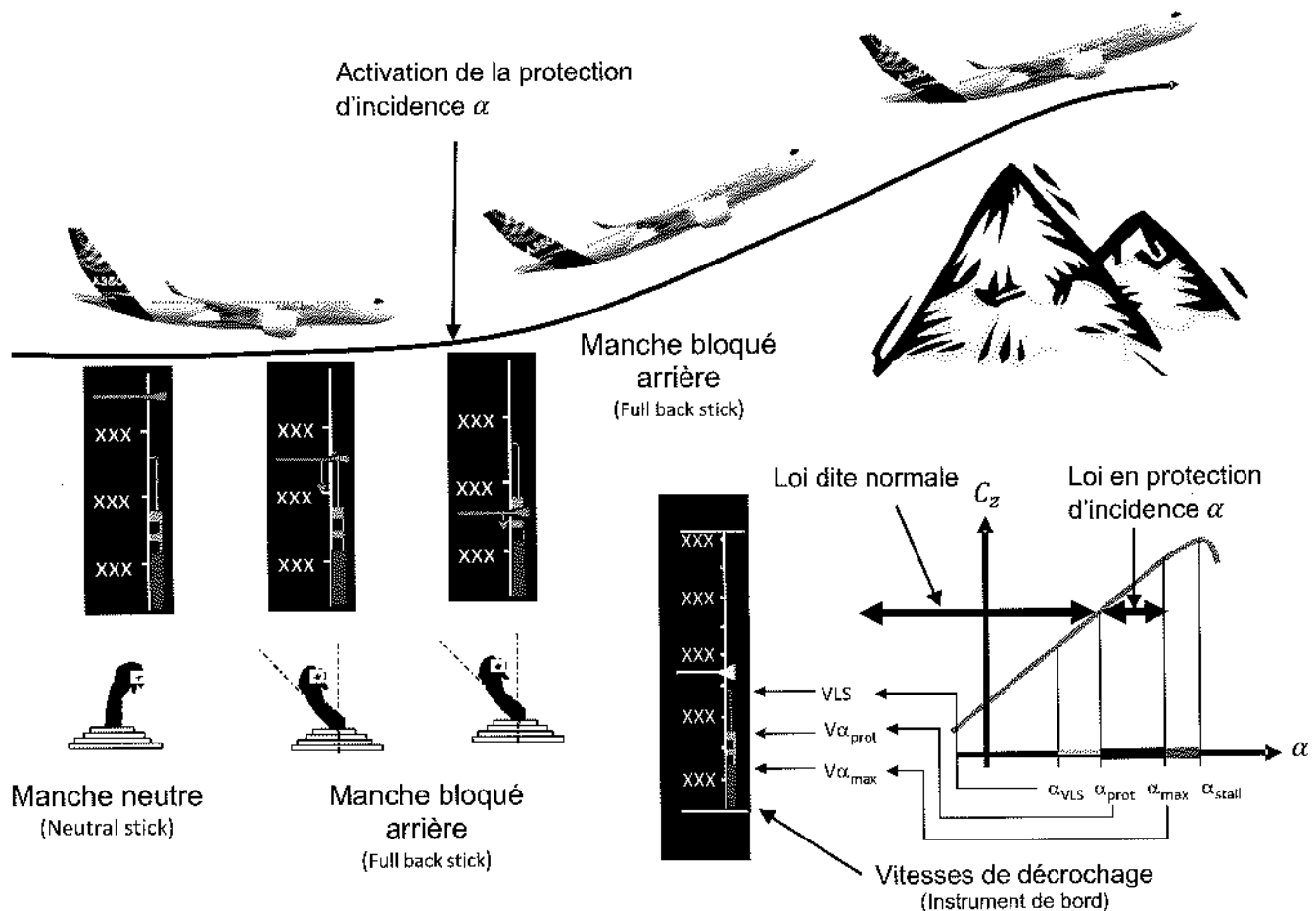


Figure 16 Loi de commande en protection d'incidence, nommée Prot Alpha

Le cahier des charges de la loi de commande en protection d'incidence impose :

Marge de gain	M_g	>6dB
Marge de phase	M_ϕ	>60°

Dépassement	$D\alpha_{\%}$	< 10%
Temps de réponse	$tr_{5\%}$	< 5s
Ecart statique	ε_s	nul

Nous allons vérifier les performances attendues d'une telle loi à partir d'une modélisation simplifiée des différentes boucles de commandes.

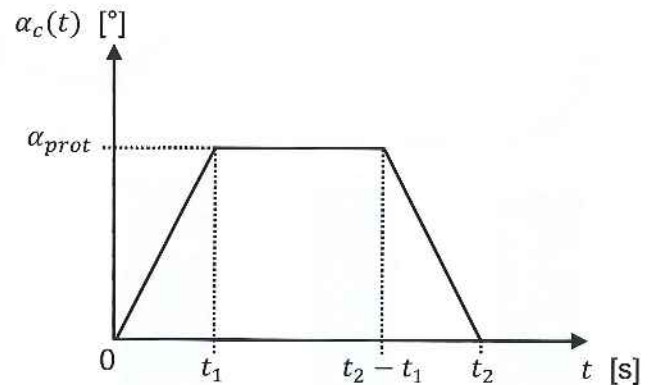
Paramètres de vol :

Vitesse	77 m.s^{-1} soit 278 km.h^{-1} ou encore 150 kt	Vitesse limite de variation d'incidence $\dot{\alpha}_{max}$	$10^\circ/\text{s}$
Incidence max α_{max}	12°	Poussée des moteurs	Pleine poussée (TO/GA ⁴) sous 200 ft
Incidence de protection α_{prot}	10°	Centrage A350	41.7%
Altitude	200 ft soit 61 m	Masse maximum	167 t
Pente	$\gamma = -3^\circ$	Manche pilote	Manche bloqué en position arrière (<i>full back stick</i>)

L'avion se place en phase d'atterrissage mais, sous la barre des 200 ft soit 61 m , la manœuvre d'approche doit être annulée. Le pilote commande alors une pleine poussée des moteurs et un ordre d'incidence maximum avec le manche bloqué en position arrière.

La loi de commande passe donc en protection d'incidence et nous souhaitons qu'elle élabore la consigne d'incidence trapézoïdale notée α_c définie ci-contre.

Les pentes suivent une rampe maximum à $|\dot{\alpha}_{max}| = 10^\circ/\text{s}$, le palier étant bloqué à la valeur de protection d'incidence soit $\alpha_{prot} = 10^\circ$. On fixe la durée de la consigne $t_2 = 20 \text{ s}$.



Question 41. Déterminer la fonction causale $\alpha_c(t)$. On note $u(t)$ la fonction échelon unitaire.

- | | |
|----|---|
| A) | $10[tu(t) + u(t) - tu(t)]$ |
| B) | $10[tu(t) - tu(t+1) - u(t+19)]$ |
| C) | $10[u(t) - u(t-19)]$ |
| D) | $10[tu(t) - (t-1)u(t-1) - (t-19)u(t-19) + (t-20)u(t-20)]$ |

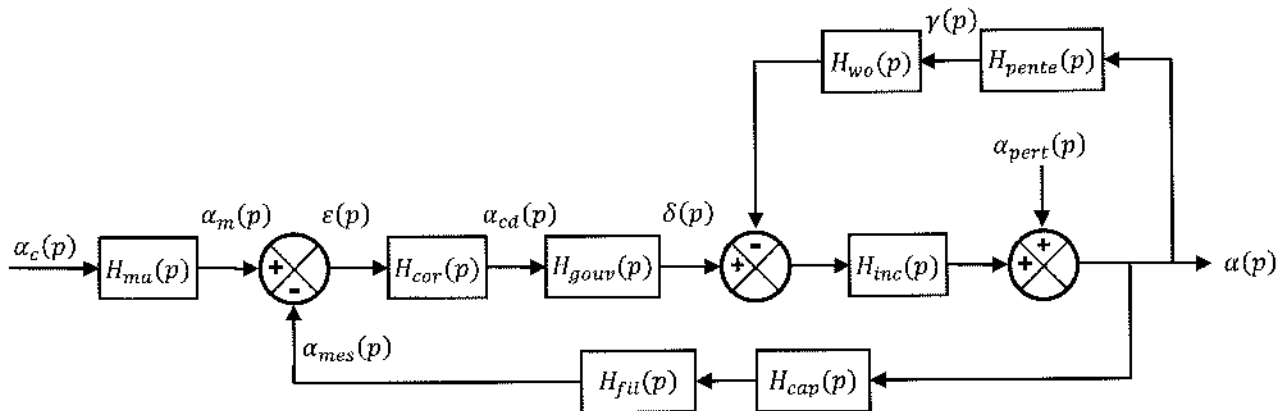
Question 42. En déduire la transformée de Laplace de cette consigne notée $\alpha_c(p)$.

A)	B)	C)	D)
$\frac{10}{p^2}(1 - e^{-p} - e^{-19p} + e^{-20p})$	$\frac{10}{p^2}(1 - p)$	$\frac{10}{p^2}(1 - e^p - e^{19p})$	$\frac{10}{p}(1 - e^{-19p})$

⁴ Take off / Go around – Pleine poussée décollage ou remise des gaz pour une manœuvre de remontée.

2. Asservissement d'incidence

L'asservissement proposé repose sur la modélisation suivante :



Les différentes fonctions de transfert issues des études précédentes sont définies en utilisant les notations suivantes :

Fonction de transfert du manche $H_{ma}(p) = \frac{1}{1 + \frac{p}{\omega_{ma}}}$ (1^{ier} ordre, pulsation ω_{ma})	Fonction de transfert du correcteur $H_{cor}(p)$ La synthèse du correcteur sera étudiée dans cette partie.	Fonction de transfert des gouvernes $H_{gouv}(p) = \frac{K_e}{p \left(1 + 2\xi_e \frac{p}{\omega_e} + \frac{p^2}{\omega_e^2} \right)}$
Fonction de transfert avion $H_{inc}(p) = \frac{K_i}{1 + 2\xi_i \frac{p}{\omega_i} + \frac{p^2}{\omega_i^2}}$	Fonction de transfert de la pente $H_{pente}(p) = \frac{K_v}{p}$	Fonction de transfert du filtre passe-haut type « washout » $H_{wo}(p) = \frac{p}{1 + \frac{p}{\omega_{wo}}}$ (pulsation ω_{wo})
Fonction de transfert capteur sonde d'incidence $H_{cap}(p) = \frac{1}{1 + 2\xi_c \frac{p}{\omega_c} + \frac{p^2}{\omega_c^2}}$	Fonction de transfert du filtre passe-bas de 10 Hz $H_{fu}(p) = \frac{1}{1 + \frac{p}{\omega_{fu}}}$ (1^{ier} ordre, pulsation ω_{fu})	Consigne : $\alpha_c(p)$ • échelon (créneau de 20s) Ou • trapèze Perturbation : $\alpha_{pert}(p)$ • nulle Ou • échelon

Dans un premier temps, on considère une **correction proportionnelle de gain K** ainsi que **l'absence de perturbation**.

Question 43. Déterminer l'ordre et la classe de la fonction de transfert en boucle ouverte

$H_{BO}(p) = \frac{\alpha_{mes}(p)}{\epsilon(p)}$ de l'asservissement d'incidence.

A)	B)	C)	D)
Ordre 9 Classe 1	Ordre 12 Classe 2	Ordre 12 Classe 1	Ordre 7 Classe 1

La Figure 22 (DOC 3 page 36) représente les diagrammes de Bode de gain et de phase de la fonction de transfert en boucle ouverte non corrigée ($K=1$).

Question 44. Indiquer pour ce système si la marge de phase est :

A)	B)	C)	D)
Nulle	Négative	20 dB	Non définie

Afin de satisfaire le critère de stabilité du cahier des charges, le choix de la correction se porte vers un correcteur dont la fonction de transfert est la suivante : $H_{cor}(p) = K \frac{1+aT_d p}{1+T_d p}$ avec $a > 1$

Question 45. Nommer le type de correcteur choisi.

A)	B)	C)	D)
Proportionnel intégral et dérivé.	Proportionnel et à retard de phase.	Proportionnel intégral.	Proportionnel et à avance de phase.

Le diagramme de Bode (gain et phase) de ce correcteur est donné sur le DOC 4 page 39. Afin d'assurer un gain significatif de phase, nous décidons de placer la pulsation ω_m du correcteur sur la pulsation de coupure à 0 dB du système non corrigé, soit à la pulsation $\omega_m = \omega_{0dB} \approx 4 \text{ rad/s}$.

Question 46. En vous aidant du DOC 4 (diagrammes de Bode et courbe représentant la fonction $a : \varphi_m \mapsto \frac{1+\sin(\varphi_m)}{1-\sin(\varphi_m)}$), déterminer la valeur du paramètre a pour que le correcteur permette d'assurer la marge de phase du cahier des charges. En déduire la valeur de T_d .

A)	B)	C)	D)
$a = 4$ $T_d = 0,125 \text{ s}$	$a = 9$ $T_d = 80 \text{ ms}$	$a = 6$ $T_d = 12 \text{ s}$	$a = 2$ $T_d = 0,06 \text{ s}$

Question 47. Déterminer la valeur du gain K pour que la pulsation de coupure à 0 dB du système corrigé ne soit pas modifiée, c'est-à-dire $\omega_{0dB} \approx 4 \text{ rad/s}$.

A)	B)	C)	D)
10	0,5	2	4

La réponse indicielle pour une consigne créneau de 10° et une perturbation de 2° du système corrigé est donnée Figure 24 du DOC 3 page 37.

Par ailleurs, le diagramme de Bode (gain et phase) de la fonction de transfert en boucle ouverte du système corrigé est donné Figure 25 du DOC 3 page 38.

Question 48. Préciser si les performances attendues dans le **Cahier des Charges (CdC)** sont respectées ?

A)	B)	C)	D)																														
CdC non respecté car le système est instable.	CdC non respecté car ε_s est non nul.	CdC respecté car	CdC respecté car																														
<table><tr><td>M_g</td><td>- 10 dB</td></tr><tr><td>M_φ</td><td>- 120°</td></tr><tr><td>$D\alpha_{\%}$</td><td>0</td></tr><tr><td>$tr_{5\%}$</td><td>5 s</td></tr><tr><td>ε_s</td><td>1,2°</td></tr></table>	M_g	- 10 dB	M_φ	- 120°	$D\alpha_{\%}$	0	$tr_{5\%}$	5 s	ε_s	1,2°		<table><tr><td>M_g</td><td>20 dB</td></tr><tr><td>M_φ</td><td>120°</td></tr><tr><td>$D\alpha_{\%}$</td><td>0</td></tr><tr><td>$tr_{5\%}$</td><td>2 s</td></tr><tr><td>ε_s</td><td>négatif</td></tr></table>	M_g	20 dB	M_φ	120°	$D\alpha_{\%}$	0	$tr_{5\%}$	2 s	ε_s	négatif	<table><tr><td>M_g</td><td>6 dB</td></tr><tr><td>M_φ</td><td>60°</td></tr><tr><td>$D\alpha_{\%}$</td><td><10%</td></tr><tr><td>$tr_{5\%}$</td><td>4,8 s</td></tr><tr><td>ε_s</td><td>0</td></tr></table>	M_g	6 dB	M_φ	60°	$D\alpha_{\%}$	<10%	$tr_{5\%}$	4,8 s	ε_s	0
M_g	- 10 dB																																
M_φ	- 120°																																
$D\alpha_{\%}$	0																																
$tr_{5\%}$	5 s																																
ε_s	1,2°																																
M_g	20 dB																																
M_φ	120°																																
$D\alpha_{\%}$	0																																
$tr_{5\%}$	2 s																																
ε_s	négatif																																
M_g	6 dB																																
M_φ	60°																																
$D\alpha_{\%}$	<10%																																
$tr_{5\%}$	4,8 s																																
ε_s	0																																

Question 49. Quel constat peut-on faire sur la valeur du temps de réponse.

A)	B)
Le temps de réponse du système corrigé est nettement amélioré grâce à l'action du correcteur.	Le temps de réponse du système corrigé est inchangé car la bande passante à 0 dB en boucle ouverte n'a pas été modifiée.
C)	D)
Le temps de réponse n'est pas acceptable car le système n'est pas précis.	Le temps de réponse du système corrigé est fortement dégradé car la marge de phase est trop faible.

La sécurité de vol ne permet pas l'utilisation d'une consigne de commande en échelon, on la remplace alors par une commande trapézoïdale définie à la Question 41.

Par ailleurs, pour compenser le déphasage accumulé dans les boucles, une correction prédictive (*feedforward*) de gain pur K_f est mise en place.

Le modèle numérique Scilab ainsi que les réponses en incidence α , facteur de charge N_z et en vitesse verticale V_z sont donnés sur le DOC 5 page 40.

Question 50. Indiquer les critères du cahier des charges améliorés, par la mise en place de la correction prédictive.

A)	B)	C)	D)								
<table><tr><td>ε_s</td><td>$D\alpha_{\%}$</td></tr><tr><td>M_{φ}</td><td>$tr_{5\%}$</td></tr></table>	ε_s	$D\alpha_{\%}$	M_{φ}	$tr_{5\%}$	<table><tr><td>ε_s</td><td>$D\alpha_{\%}$</td></tr></table>	ε_s	$D\alpha_{\%}$	<table><tr><td>$D\alpha_{\%}$</td><td>$tr_{5\%}$</td></tr></table>	$D\alpha_{\%}$	$tr_{5\%}$	Tous les critères
ε_s	$D\alpha_{\%}$										
M_{φ}	$tr_{5\%}$										
ε_s	$D\alpha_{\%}$										
$D\alpha_{\%}$	$tr_{5\%}$										



FIN DU QUESTIONNAIRE



La Figure 17 présente la structure générale d'un avion.

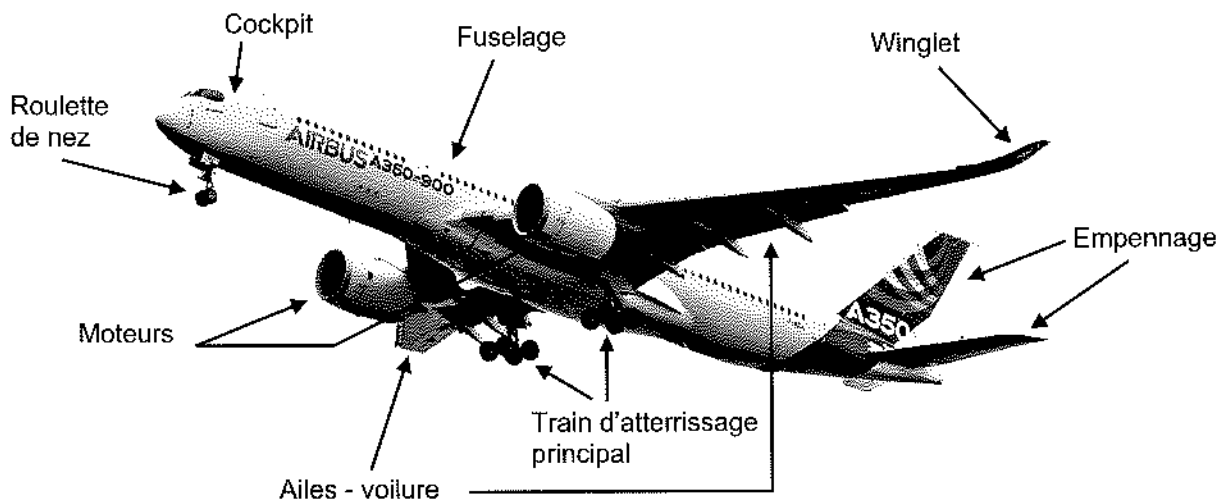


Figure 17 Structure générale d'un avion

Rôles des principaux constituants intervenant dans le pilotage d'un avion :

Fuselage : partie massive permettant le transport de la charge (passager, fret, courrier ...).

Moteurs : leur rôle est de fournir l'énergie propulsive nécessaire au vol (poussée).

Les éléments de contrôle :

Les commandes de vol permettent de contrôler les évolutions de l'avion suivant trois directions ou axes dans l'espace : lacet, roulis et tangage (voir Figure 18 page 33).

Surfaces à manœuvrer :

Voilure :

La voilure est constituée d'une paire d'ailes qui sont les éléments constituant le système sustentateur principal de l'avion.

- les ailerons localisés sur le bord de fuite pivotent de façon asymétrique sur chacune des ailes permettant d'incliner l'avion selon l'axe de roulis afin d'engager un virage ;
- les volets hypersustentateurs (volets et becs) dont le rôle est d'augmenter la portance à faible vitesse ;
- les spoilers, situés sur l'extrados de l'aile, se soulèvent afin d'assurer la descente de l'avion et permettent également le rôle d'aérofreins.

Empennage :

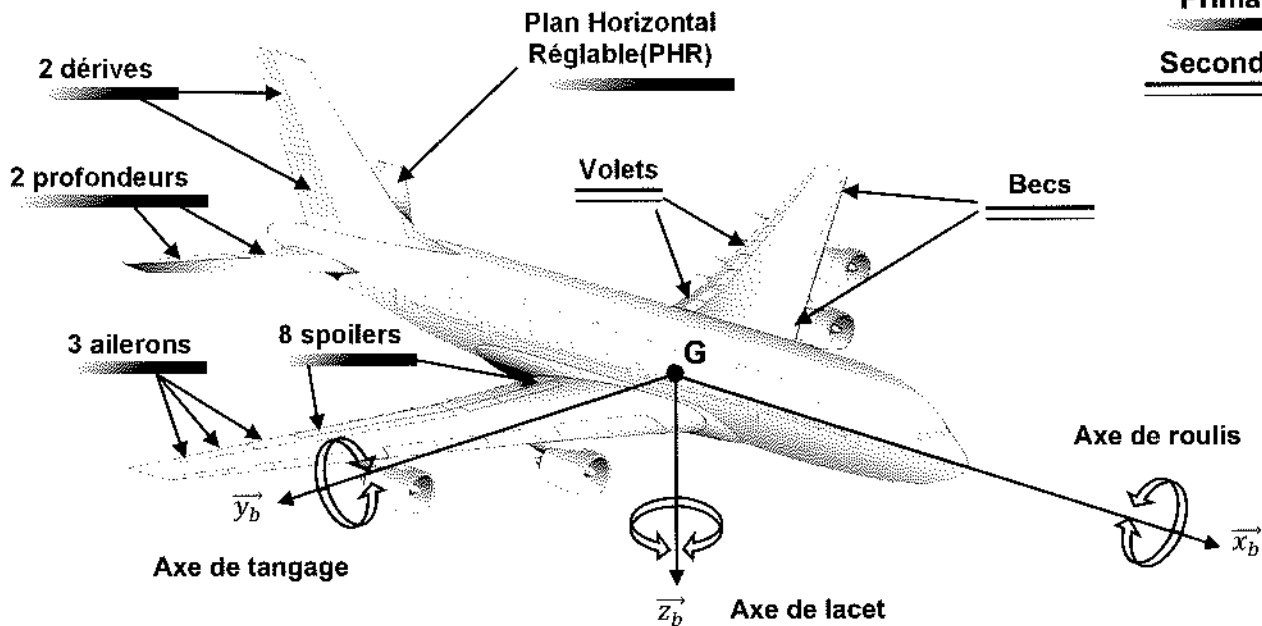
L'empennage, situé en partie arrière du fuselage, permet d'assurer la stabilité de l'avion et d'effectuer les différentes manœuvres de pilotage. On distingue :

- l'empennage vertical, constitué de la dérive (partie fixe) et de la gouverne de direction contrôlant l'axe de lacet ;
- l'empennage horizontal, constitué du plan horizontal réglable (PHR) ainsi que des gouvernes de profondeur contrôlant l'axe de tangage.

Repères utilisés pour la mise en place des équations de la mécanique du vol.

Primaire

Secondaire



Commandes primaires : utilisées pendant tout le vol pour contrôler l'avion.
Commandes secondaires : utilisées pendant les phases d'atterrissage et décollage.

Figure 18 Surfaces de contrôle de l'A350XWB

Le repère terrestre ayant pour origine O_T un point fixe sur la surface de la Terre, avec :

- $R_0 = (O_T, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ supposé **galiléen** et tel que $\vec{z}_0$ représente la **verticale descendante** de la force de gravitation locale en G et usuellement $\vec{x}_0$ orienté selon le nord magnétique.

Les angles d'EULER permettent la définition de la position du repère avion par rapport au repère terrestre. Les angles sont appelés : ψ pour le cap (azimut), θ pour l'assiette longitudinale et ϕ pour l'assiette latérale (gîte). (Voir Figure 19)

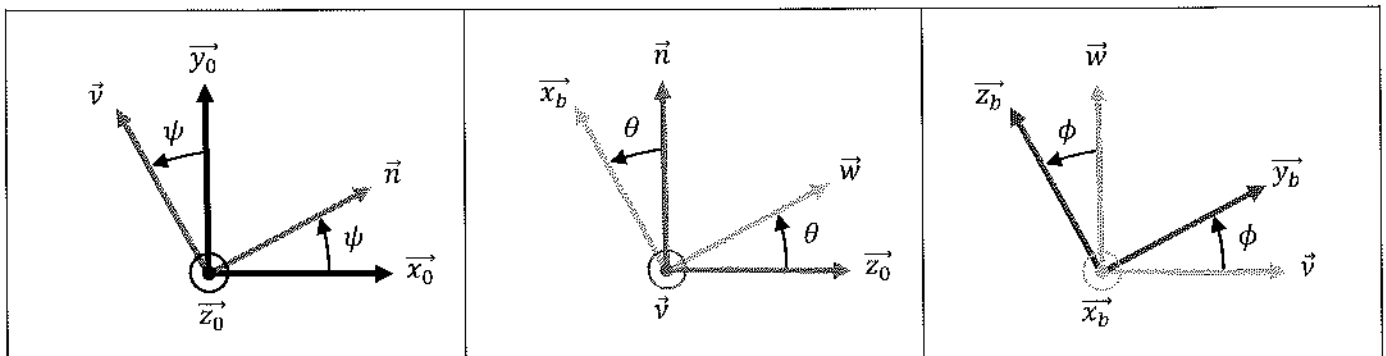


Figure 19 Changements de bases - Repère terrestre R_0 vers repère avion R_b

- Les deux repères suivants ont pour origine le centre de gravité G de l'avion, avec :

- Un repère avion, $R_b = (G, \vec{x}_b, \vec{y}_b, \vec{z}_b)$ avec :
 - $\vec{x}_b$ appartient au plan de symétrie, orienté vers l'avant et parallèle à une génératrice du fuselage de l'avion ;
 - $\vec{z}_b$ est dans le plan de symétrie avion et orienté vers l'intrados (« ventre » de l'avion) ;
 - $\vec{y}_b$ est perpendiculaire au plan de symétrie avion et orienté vers la droite (« sens pilote » de l'avion).
- Un repère aérodynamique, $R_a = (G, \vec{x}_a, \vec{y}_a, \vec{z}_a)$ avec $\vec{x}_a$ tel que la vitesse aérodynamique de l'avion soit $\vec{V} = V \vec{x}_a$.

Le repère aérodynamique est défini par rapport au repère avion à l'aide des angles : α pour l'incidence et β pour le dérapage (Voir Figure 20 et Figure 21).

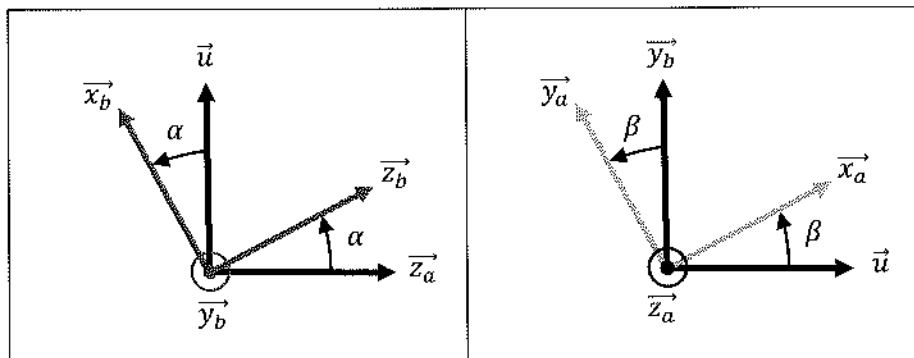


Figure 20 Changement de bases - Repère aérodynamique R_a vers repère avion R_b

Mouvement de l'avion R_b par rapport au sol R_0 :

Le torseur cinématique de l'avion par rapport sol en G aura alors pour expression :

$$\{V_{avion/R_0}\}_G = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{avion/R_0} = \dot{\psi} \cdot \vec{z}_0 + \dot{\theta} \cdot \vec{y} + \dot{\phi} \cdot \vec{x}_b = p \vec{x}_b + q \vec{y}_b + r \vec{z}_b \\ \vec{V}_{G,avion/R_0} = V \vec{x}_a \end{array} \right\}_G$$

Par habitude, on exprime le vecteur taux de rotation dans la base associée au repère avion avec p , q , r , respectivement les vitesses de rotation de roulis, tangage, lacet.

Le vecteur vitesse de l'avion par rapport au sol est naturellement exprimé dans le trièdre aérodynamique.

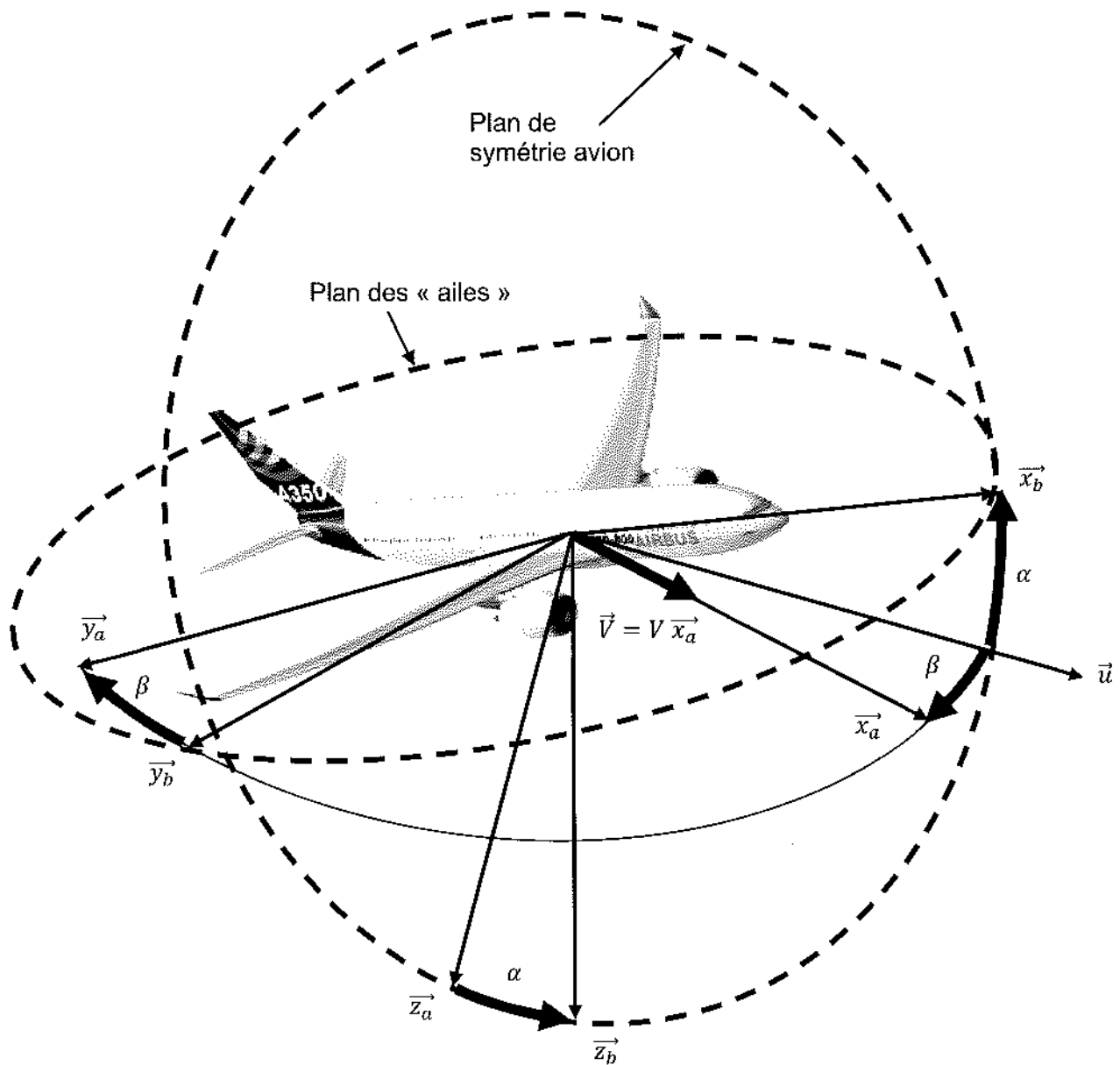


Figure 21 Passage du repère avion vers le repère aérodynamique : $R_b = (G, \vec{x}_b, \vec{y}_b, \vec{z}_b)$ à $R_a = (G, \vec{x}_a, \vec{y}_a, \vec{z}_a)$

Angle de dérapage	Assiette longitudinale	Angle de gîte (assiette latérale)

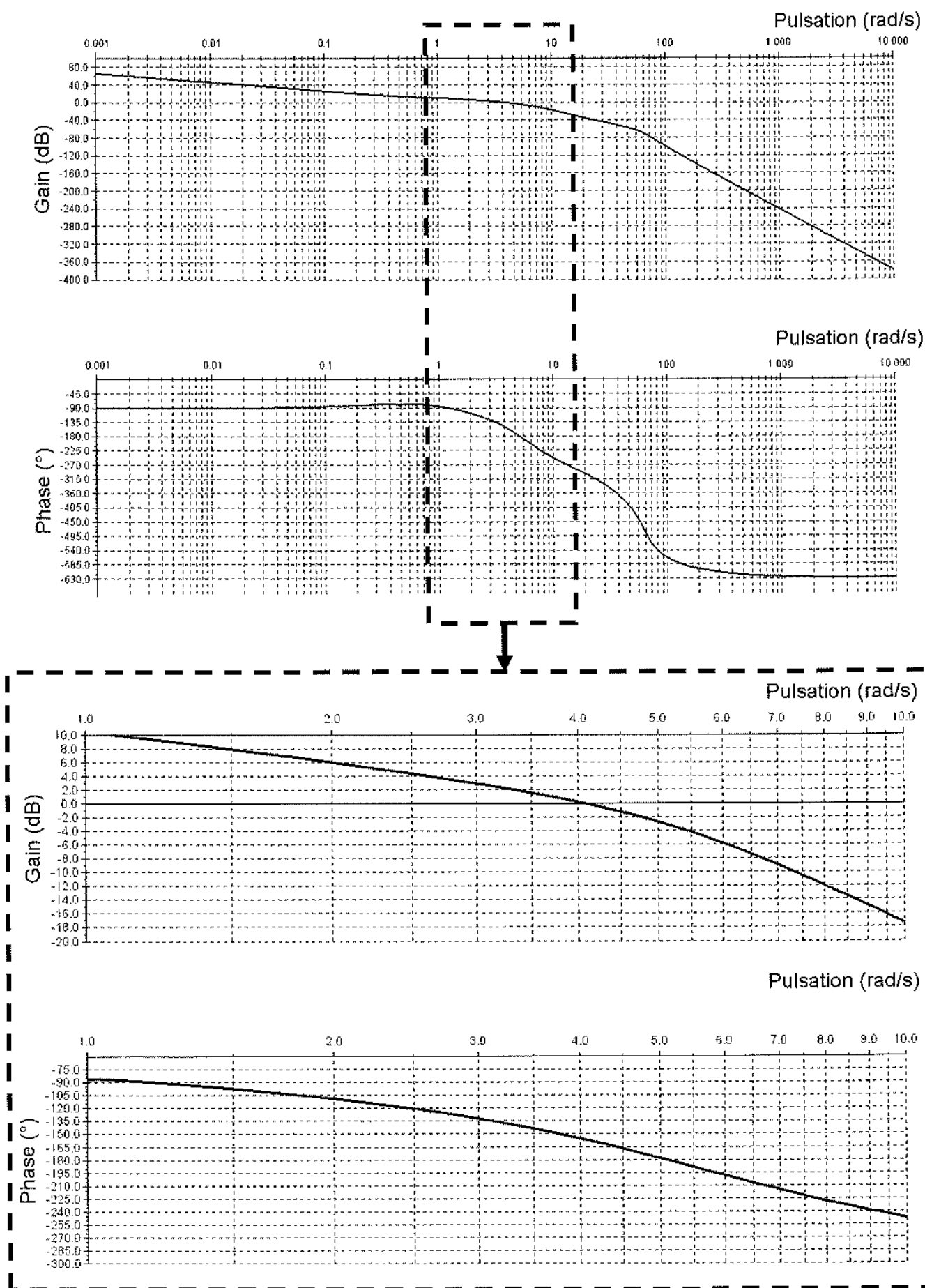


Figure 22 Diagramme de Bode (Gain - Phase) de la FTBO non corrigée ($K=1$)

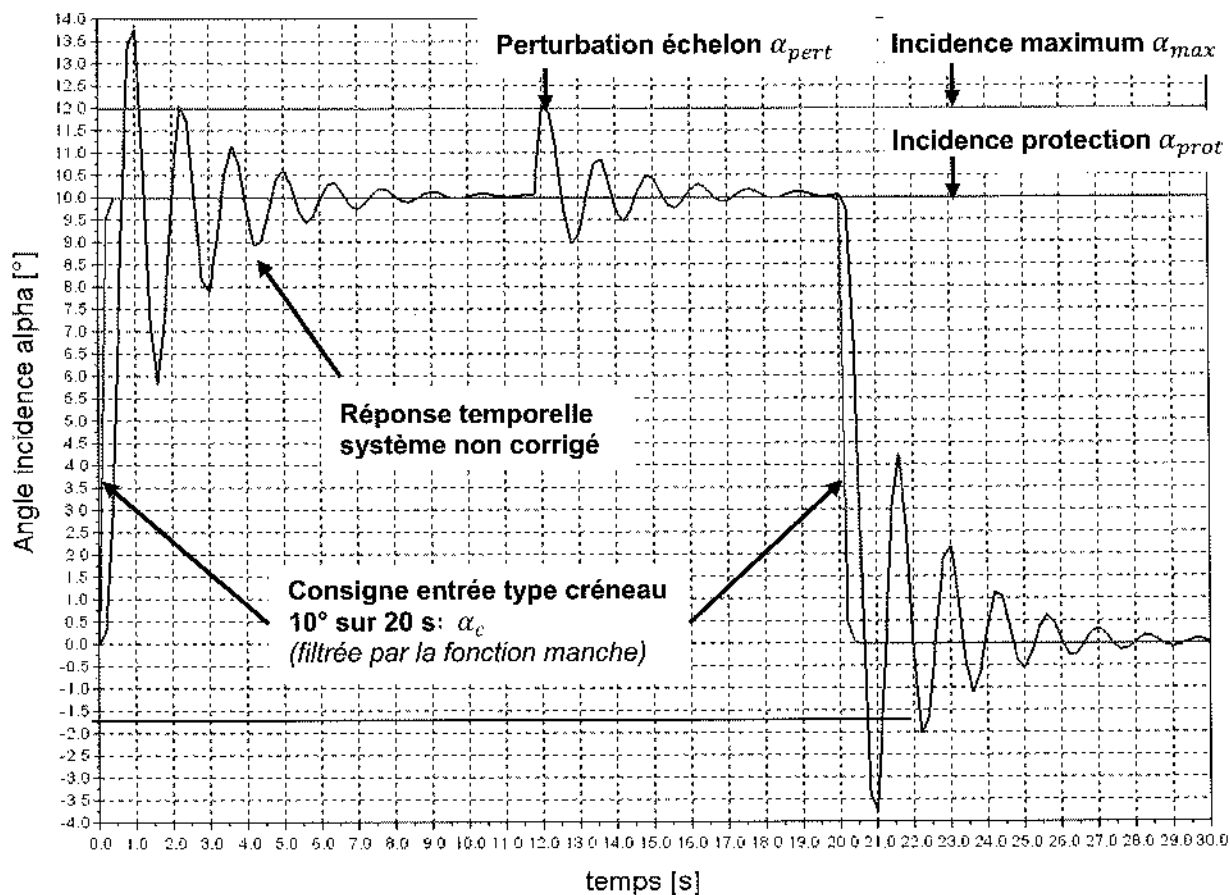


Figure 23 Réponse temporelle du système en boucle fermée non corrigé pour une consigne créneau

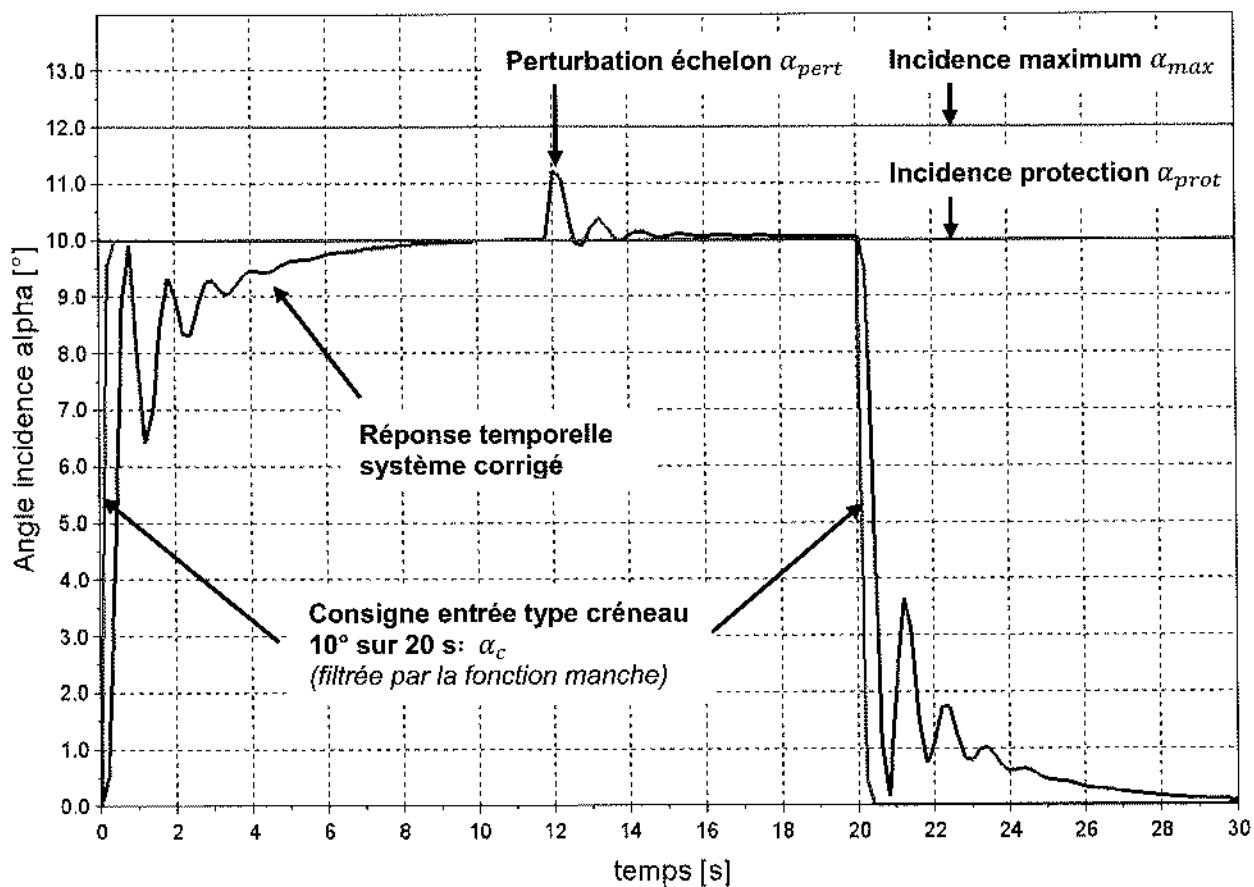


Figure 24 Réponse temporelle du système en boucle fermée corrigé pour une consigne créneau

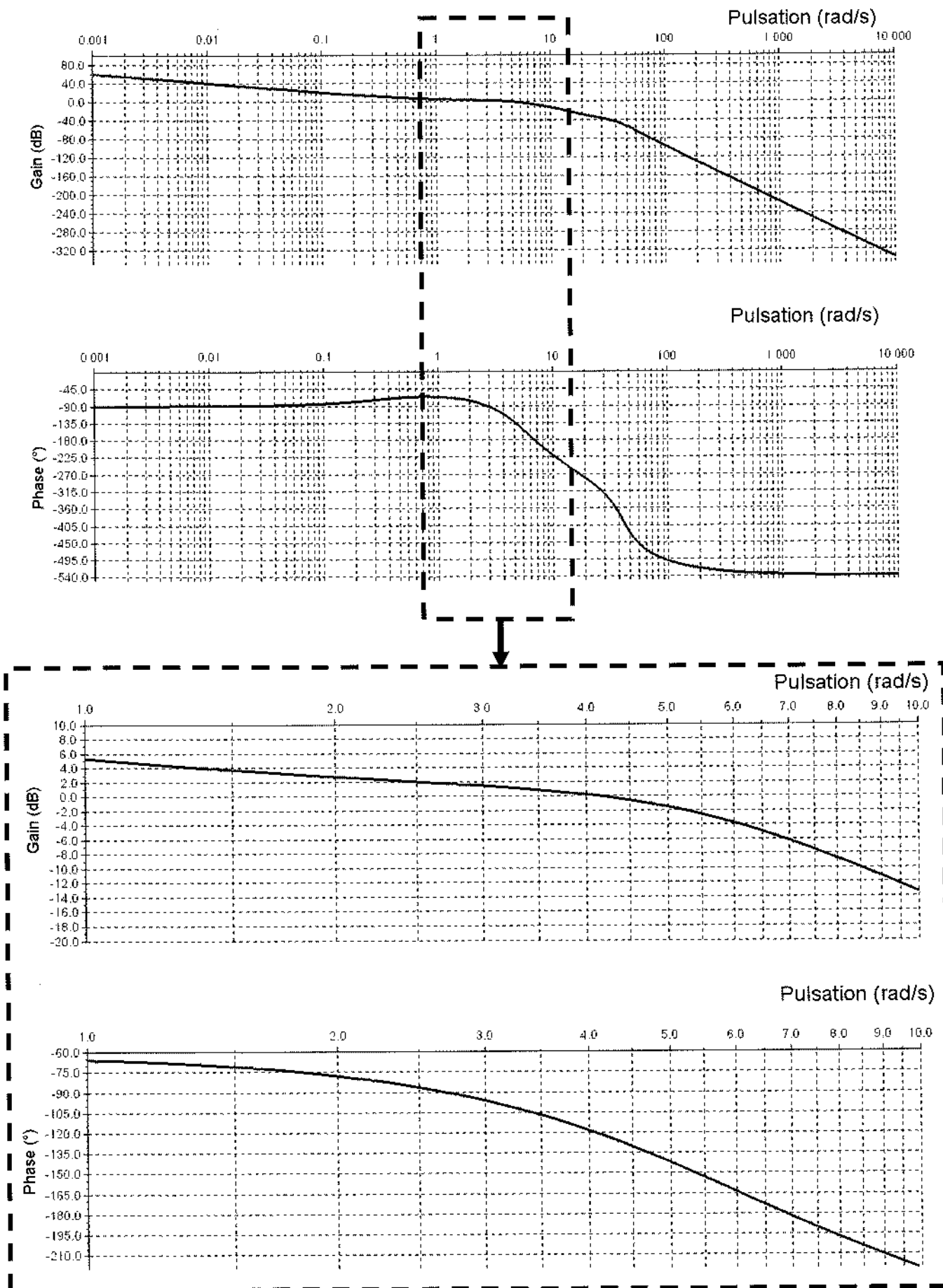
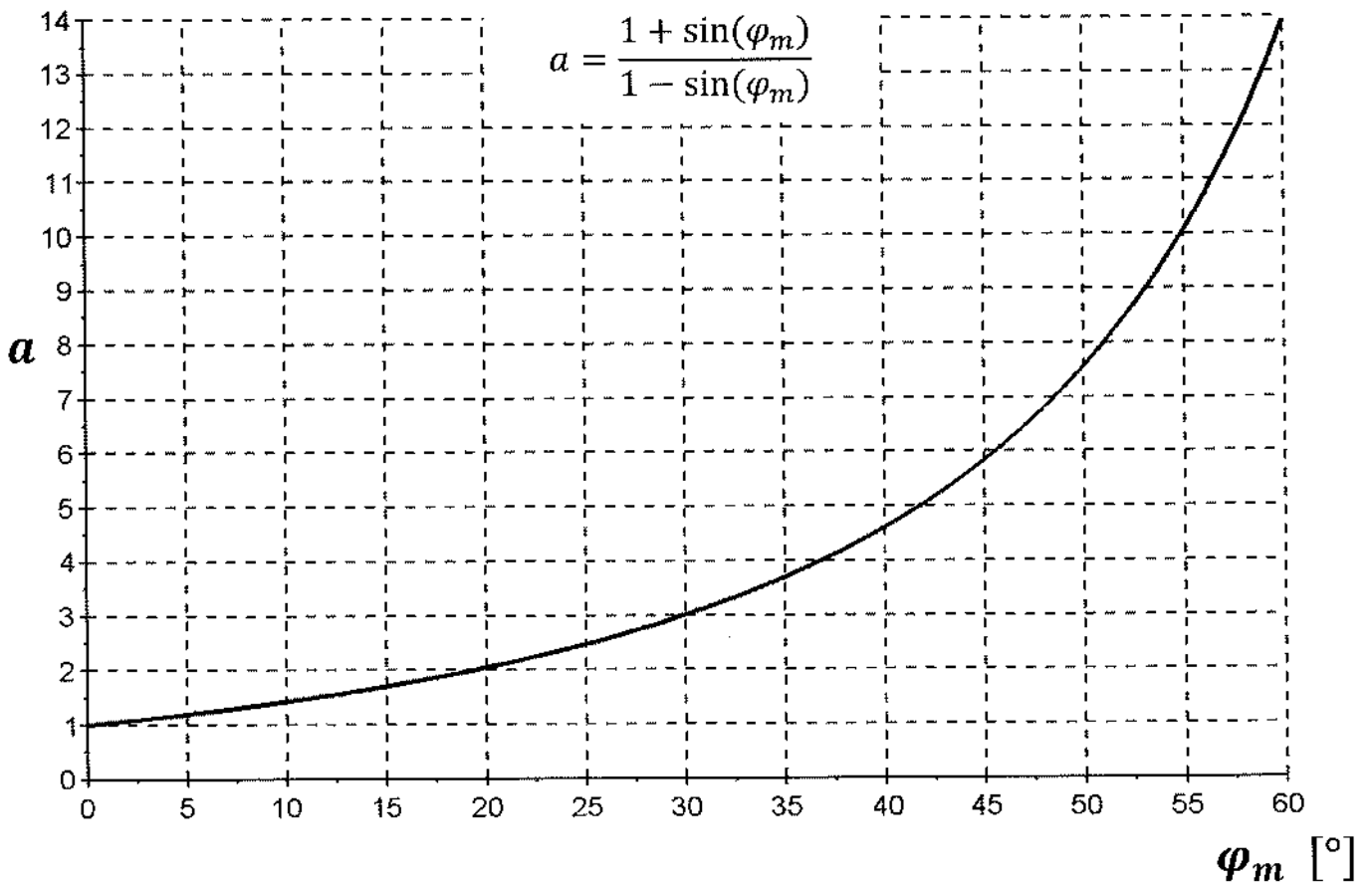
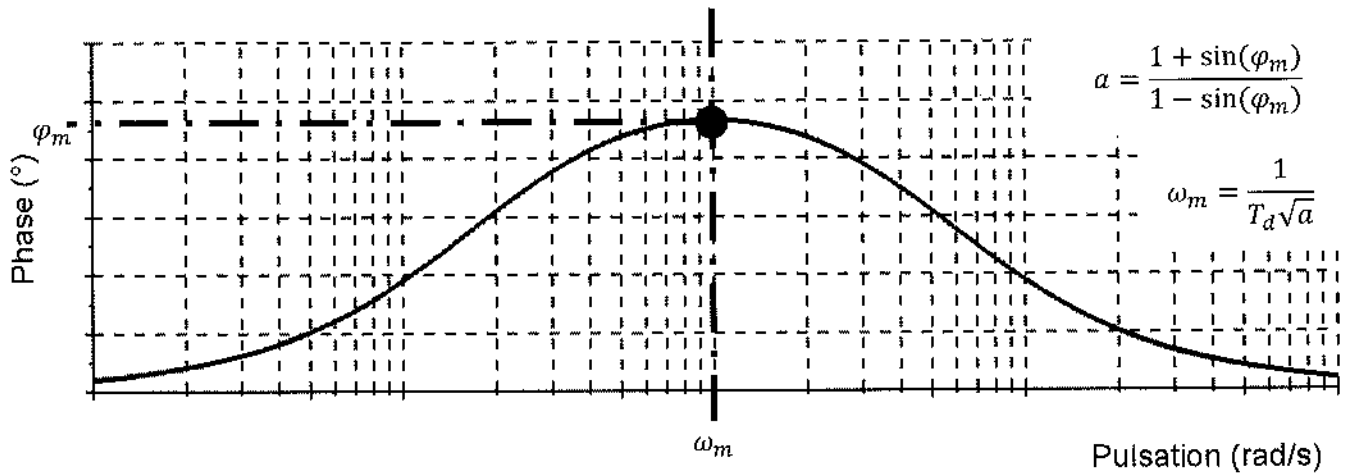
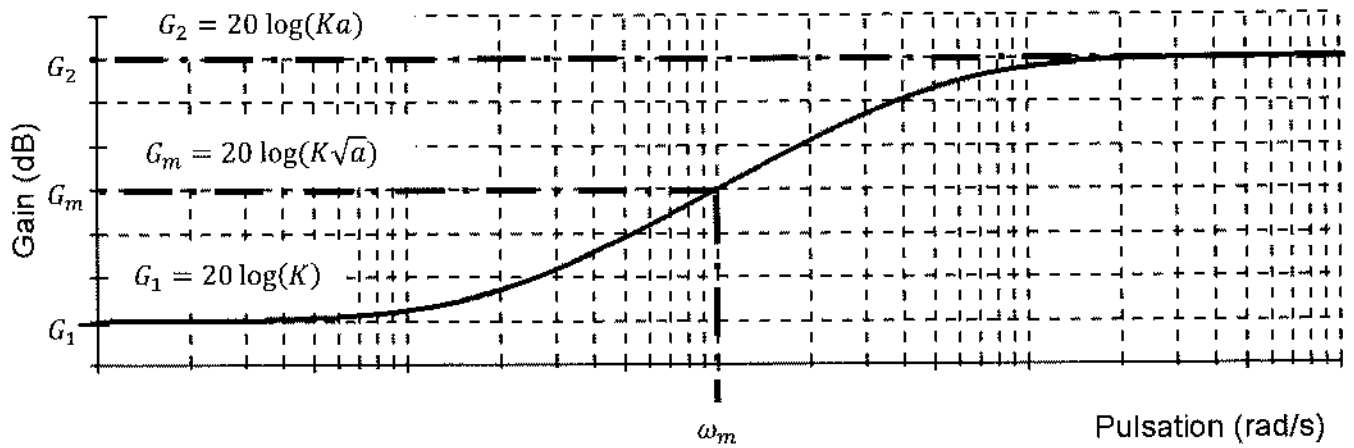


Figure 25 Diagramme de Bode (Gain - Phase) de la FTBO corrigée

DOC 4 SYNTHÈSE DU CORRECTEUR



DOC 5 ANNEXE – AMÉLIORATION DU CORRECTEUR

Modification du correcteur par ajout d'une boucle de correction prédictive (*feedforward*). Les réponses temporelles du système ainsi corrigé sont données ci-dessous.

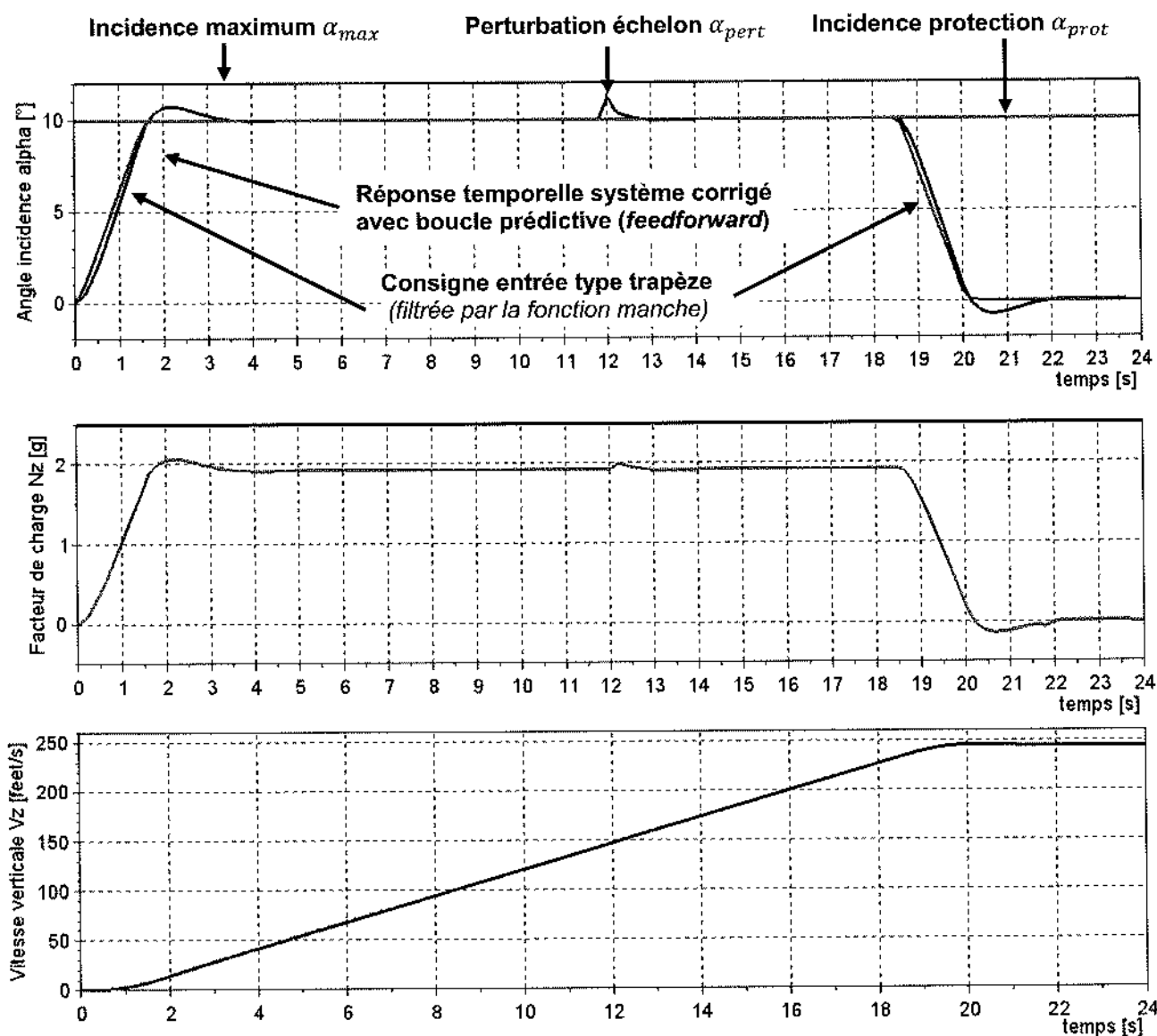
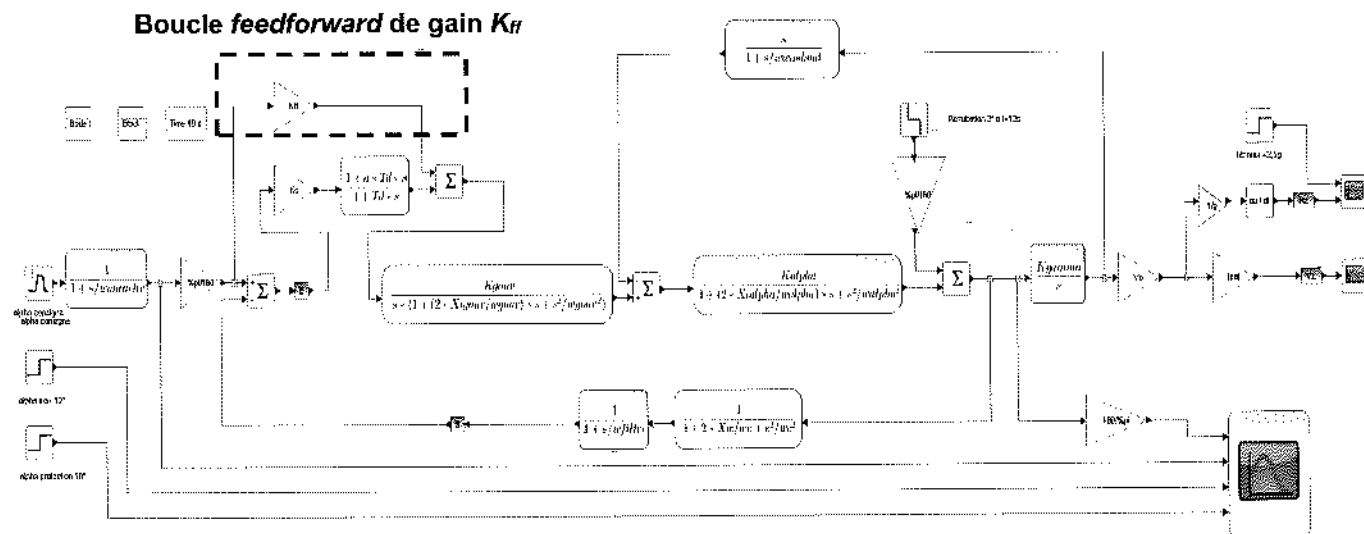


Figure 26 Modification du correcteur - Réponses temporelles avec la mise en place de la boucle prédictive.

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve facultative
d'INFORMATIQUE

Durée : 1 heure

Coefficient : Bonus



Cette épreuve comporte :

1 page de garde

2 pages d'instructions recto/verso pour remplir le QCM (*à lire très attentivement*)

1 page d'avertissements

7 pages de texte recto/verso

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)
--



ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Département Admissions et
Vie des Campus

Toulouse, le 15 avril 2016

DE : Anne-Lise BERTRAND	Tél .: +33 (0) 5 62 17 41 83	Fax : +33 (0) 5 62 17 40 79
A : TOUS LES CHEFS DE CENTRE		

CONCOURS ICNA 2016

ERRATA

EPREUVE DE :

INFORMATIQUE

Page 4 – Question 10 réponses C et D

Lire maxi au lieu de max

ÉPREUVE FACULTATIVE D'INFORMATIQUE

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve facultative d'informatique de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

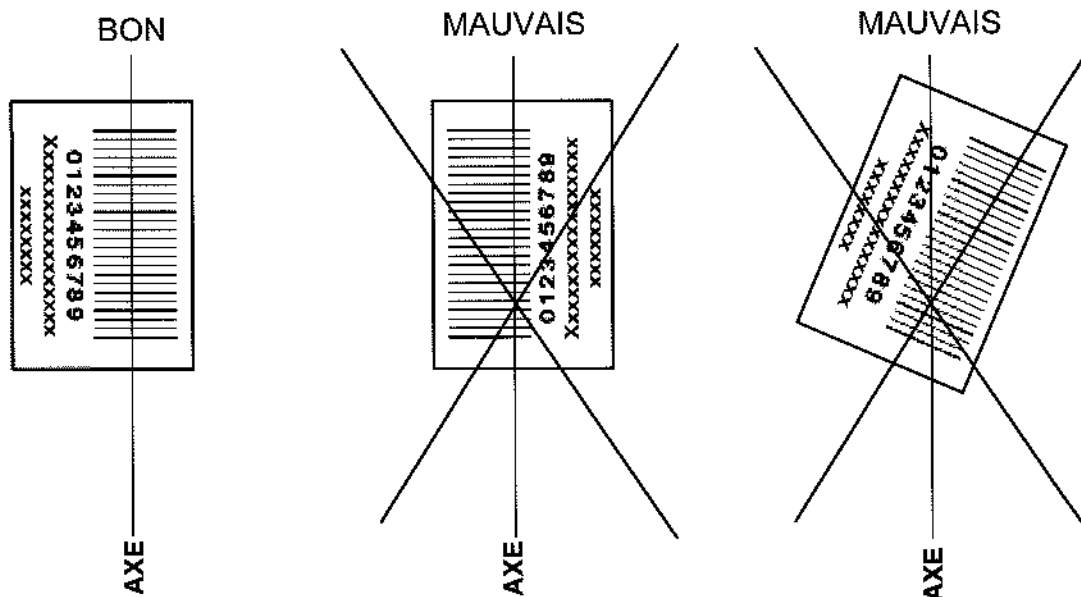
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, l'**étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez**, c'est-à-dire «épreuve facultative d'informatique».

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification **à gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :



- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un STYLO BILLE ou une POINTE FEUTRE de couleur **NOIRE**.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon (ou les brouillons qui vous sont fournis à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 20 questions ; **certaines, de numéros consécutifs, peuvent être liées. La liste de ces questions est donnée sur la page d'avertissements.**

Vous devez donc porter vos réponses sur les lignes numérotées de 1 à 20. N'utilisez en aucun cas les lignes numérotées de 21 à 100. Veillez à bien porter vos réponses sur la ligne correspondant au numéro de la question.

CHAQUE QUESTION COMPORTE, AU PLUS, DEUX REPONSES EXACTES.

Tournez la page S.V.P.

- 6) A chaque question numérotée entre 1 et 20, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 21 à 100 seront neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 1 à 20, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

- ▶ soit vous décidez de ne pas traiter cette question,
la ligne correspondante doit rester vierge.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse :
vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes :
*vous devez noircir deux des cases A, B, C, D **et deux seulement.***
- ▶ soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne :
vous devez alors noircir la case E.

ICNA 2016 – Informatique – 1 heure

Le sujet se compose de 20 questions à choix multiples.

Au plus deux réponses sont correctes par question.

Si aucune des réponses A-B-C-D n'est correcte, vous devez répondre E.

Les scripts et fonctions Python présentés dans les énoncés sont rédigés en Python 3.

Les questions 7 et 8 sont liées. Les questions 18, 19 et 20 sont liées.

Question 1 Quel est le rôle du processeur dans un ordinateur ?

- A) Il permet de stocker de manière temporaire les données de l'utilisateur.
- B) Il exécute les instructions et les calculs qui lui sont donnés par le système d'exploitation.
- C) Il permet de stocker de manière définitive les données de l'utilisateur.
- D) Il permet de relier les périphériques à l'ordinateur.

Question 2 Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) Si un nombre réel admet une écriture décimale finie, alors il possède une écriture binaire finie.
- B) Si un nombre réel admet une écriture binaire finie, alors il possède une écriture décimale finie.
- C) Tous les nombres réels admettent une écriture binaire finie.
- D) Tous les nombres entiers naturels admettent une écriture binaire finie.

Question 3 Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) L'utilisation de nombres flottants peut provoquer des erreurs d'arrondis, mais celles-ci ne sont jamais graves car les erreurs d'arrondis sont minimales.
- B) L'utilisation de nombres flottants peut provoquer de graves erreurs d'arrondis.
- C) L'utilisation de nombres flottants ne provoque pas d'erreur d'arrondis.
- D) Pour ne pas avoir d'erreur d'arrondis, il suffit de coder les flottants sur 64 bits plutôt que sur 32 bits.

Question 4 On considère le script Python suivant :

```
a=5
b=2
c=a
a=b
b=a
a=a+b
c=b+a
```

Quelle est la valeur de la variable c après l'exécution de ce script ?

- A) 2
- B) 4
- C) 6
- D) 8

Question 5 On considère la fonction Python suivante :

```
def somme(L):  
    S=0  
    for i in range(len(L)-1):  
        S=S+L[i]  
    return S
```

Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) `somme([1,2,3,4])` renvoie 10.
- B) `somme([1,2,3,4])` renvoie 6.
- C) `somme([1,2,3,4])` renvoie un message d'erreur.
- D) `S` est une variable locale.

Question 6 On considère la fonction Python suivante :

```
def catan(n):  
    if n%2==0:  
        return n//2  
    else:  
        return 2*n+1
```

Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) Si $n \in \mathbb{N}$, le résultat renvoyé par `catan(n)` est toujours un entier.
- B) Si $n \in \mathbb{N}$, le résultat renvoyé par `catan(n)` est toujours un entier impair.
- C) Si $n \in \mathbb{N}$, le résultat renvoyé par `catan(n)` est toujours un entier pair.
- D) Si $n \in \mathbb{N}$, le résultat renvoyé par `catan(n)` n'est jamais nul.

Question 7 On considère la fonction Python suivante (les entrées N et L sont des chaînes de caractères) :

```
def test(L,N):
    if len(L)<=len(N):
        bool=True
        for i in range(len(L)):
            if L[i]!=N[i]:
                bool=False
        return bool
    else:
        return False
```

Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) `test(L,N)` renvoie `True` si et seulement si les deux chaînes de caractères L et N sont distinctes.
- B) `test(L,N)` renvoie `True` si et seulement si les deux chaînes de caractères L et N sont égales.
- C) `test("CONTROLE","CONTROLEUR")` renvoie `True`.
- D) `test("RIEN","AERIEN")` renvoie un message d'erreur.

Question 8 On considère la fonction Python suivante (on suppose que l'on a encore accès à la fonction `test` de la question précédente) :

```
def cherche(mot,chaîne):
    i=0
    while i<=len(chaîne)-len(mot):
        if chaîne[i]==mot[0] and test(mot,chaîne[i:]):
            return i
        i=i+1
    return -1
```

Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

N.B. : Pour les questions de complexité, les opérations concernées sont les comparaisons.

- A) La fonction `cherche` renvoie le nombre de fois où un mot apparaît dans une chaîne de caractères.
- B) La complexité de la recherche d'un mot dans une chaîne de caractères en utilisant les fonctions `test` et `cherche` est en $O(\ln(n))$ où n est la longueur de la chaîne de caractères `chaîne`.
- C) La complexité de la recherche d'un mot dans une chaîne de caractères en utilisant les fonctions `test` et `cherche` est en $O(\ln(m))$ où m est la longueur du mot `mot`.
- D) La complexité de la recherche d'un mot dans une chaîne de caractères en utilisant les fonctions `test` et `cherche` est en $O(\ln(mn))$ où m est la longueur du mot `mot` et n est la longueur de la chaîne de caractères `chaîne`.

Question 9 On considère le script Python suivant :

```
L=[]  
L.append(2)  
L.append(3)  
p=L.pop()  
q=L.pop()  
L.append(p)  
L.append(q)  
print(L)
```

Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) L'exécution de ce script provoque une erreur.
- B) Ce script affiche [2,3].
- C) Ce script affiche [3,2].
- D) Ce script affiche [2,3,2,3].

Question 10 On considère la fonction Python suivante (où P est supposée être une pile non vide de nombres entiers) :

```
def maxi(P):  
    m=P.pop()  
    while len(P)>0:  
        if m<P.pop():  
            m=P.pop()  
    return m
```

Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) `maxi([3,2,1])` renvoie 3.
- B) `maxi([1,3,2])` renvoie 3.
- C) `max(P)` renvoie le maximum des nombres de la pile P.
- D) `max([2,1])` provoque une erreur.

Question 11 La complexité (dans le pire des cas, en comptant le nombre de comparaisons effectuées) de la recherche par dichotomie dans un tableau trié de taille n est un :

- A) $O(\ln(n))$.
- B) $O(n)$, mais pas un $O(\ln(n))$.
- C) $O(n^2)$, mais pas un $O(n)$.
- D) $O(2^n)$, mais pas un $O(n^2)$.

Question 12 Dans une base de données, on souhaite sélectionner les trois champs “id”, “question” et “reponse” de tous les enregistrements d’une table nommée “QCM”. Quelle(s) requête(s) SQL peut-on utiliser ?

- A) SELECT * FROM QCM
- B) SELECT in QCM ALL id,question,reponse
- C) SELECT id,question,reponse FROM QCM
- D) SELECT QCM WHERE id,question,reponse

Question 13 On dispose d’une table de données dont le schéma de relation est le suivant :

candidats(identifiant, nom, prénom, rang, moyenne, age, adresse),

dont les attributs sont respectivement l’identifiant des candidats, leur nom, leur prénom, leur rang au concours, leur moyenne, leur âge et leur adresse postale. La requête SQL suivante :

SELECT COUNT(*) FROM candidats WHERE moyenne > 10

- A) permet de lister tous les candidats de la table candidats.
- B) renvoie le nombre de candidats dont la moyenne est supérieure ou égale à 10.
- C) permet de regrouper les candidats ayant la même moyenne.
- D) provoque une erreur.

Question 14 Dans une architecture Client/Serveur :

- A) Le client doit répondre aux requêtes du serveur.
- B) Le client doit toujours dupliquer toutes les données du serveur.
- C) Le client doit envoyer des requêtes au serveur.
- D) Il ne peut y avoir qu’un seul client par serveur.

Question 15 On considère l’algorithme de tri rapide (“quicksort”), que l’on applique à des tableaux à une dimension de valeurs numériques, que l’on veut trier par ordre croissant. On suppose que les tableaux à trier sont de taille $n \in \mathbb{N}$. Si l’on choisit à chaque étape comme pivot le premier élément du sous-tableau courant :

- A) l’algorithme peut ne pas terminer.
- B) la complexité temporelle dans le pire des cas est un $O(n \ln(n))$.
- C) la complexité temporelle dans le pire des cas est un $O(n^2)$.
- D) un des pires cas possibles (en termes de complexité temporelle) est le cas d’un tableau déjà trié par ordre croissant.

Question 16 La méthode de Héron vise à calculer des approximations des nombres $\sqrt{a}$ pour $a > 0$. Pour cela, le principe est d'appliquer la méthode de Newton à la fonction $x \mapsto x^2 - a$ afin de créer une suite $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ qui converge vers $\sqrt{a}$.

Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) La suite $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ est une suite récurrente d'ordre 1.
- B) La suite $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ est une suite géométrique.
- C) La suite $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ satisfait la relation de récurrence : $\forall n \in \mathbb{N}, u_{n+1} = \frac{au_n + \frac{1}{u_n}}{2}$.
- D) La suite $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ satisfait la relation de récurrence : $\forall n \in \mathbb{N}, u_{n+1} = \frac{u_n + \frac{a}{u_n}}{2}$.

Question 17 On a un système linéaire inversible à résoudre, dont la matrice associée (sans le second membre) est carrée de taille n . Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) Seule la méthode de Gauss permet de résoudre ce genre de problème.
- B) La complexité de la méthode de Gauss est en $O(n^3)$.
- C) Si on choisit la méthode de Gauss pour résoudre ce problème, on utilisera une recherche partielle de pivot pour diminuer la complexité de la méthode de Gauss, qui devient un $O(n^2)$.
- D) Si on choisit la méthode de Gauss pour résoudre ce problème, on utilisera une recherche partielle de pivot pour limiter les erreurs d'arrondis.

Question 18 On modélise la vitesse de la chute d'un grêlon entre les temps $t = 0s$ et $t = 120s$ par l'équation différentielle suivante :

$$(E): v' = g - \frac{\lambda}{m}v^2,$$

où m désigne la masse du grêlon et λ le coefficient de frottement fluide de l'air.

La méthode d'Euler (explicite) consiste à calculer des approximations v_k de $v(t_k)$ (pour $k \in \llbracket 0, n \rrbracket$), où $(t_0, \dots, t_n)$ est une discrétisation régulière de l'intervalle de temps $[0, 120]$ de pas $h = \frac{120}{n}$ (avec $n \in \mathbb{N}^*$).

Parmi les affirmations suivantes, indiquez celle ou celles qui sont vraies.

- A) Il s'agit de résoudre une équation différentielle linéaire d'ordre 1.
- B) La méthode de Newton est plus efficace pour résoudre ce type de problèmes que la méthode d'Euler explicite.
- C) Les v_k satisfont la récurrence : $\forall k \in \llbracket 0, n-1 \rrbracket, v_{k+1} = v_k + g - h \frac{\lambda}{m} v_k^2$.
- D) Les v_k satisfont la récurrence : $\forall k \in \llbracket 0, n-1 \rrbracket, v_{k+1} = v_k + h \left(g - \frac{\lambda}{m} v_k^2 \right)$.

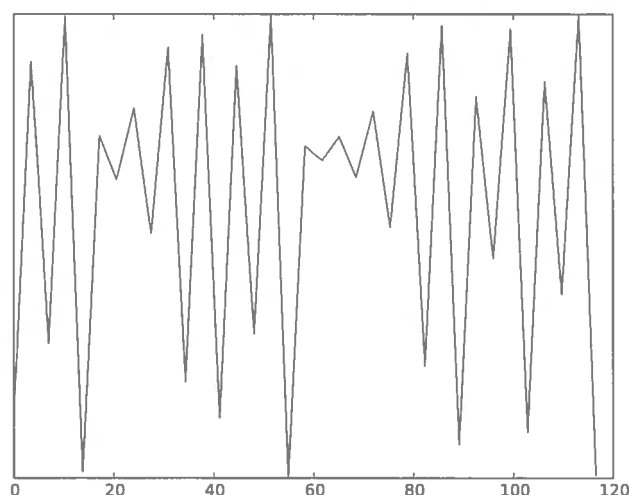
Question 19 On reprend les notations de la question précédente. On pose également $v(0) = 0$. En intégrant (E) entre t_k et t_{k+1} (pour $k \in \llbracket 0, n-1 \rrbracket$), on obtient :

$$(E') : v(t_{k+1}) - v(t_k) = \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left(g - \frac{\lambda}{m} v(s)^2 \right) ds.$$

Le schéma d'Euler explicite consiste à approcher l'intégrale du membre de droite de (E') en utilisant :

- A) La méthode des rectangles à gauche.
- B) La méthode des rectangles à droite.
- C) La méthodes des trapèzes.
- D) Aucune des méthodes précédentes.

Question 20 On reprend les notations de la question 18. En appliquant la méthode d'Euler (explicite) au problème (E) (avec la condition initiale $v(0) = 0$), on obtient le graphique suivant, représentant l'évolution de v en fonction du temps :



Le comportement n'est évidemment pas celui attendu physiquement. Que peut-on envisager pour résoudre ce problème ?

- A) Continuer à travailler sur l'intervalle de temps $[0, 120]$, mais diminuer le pas h en augmentant n .
- B) Travailler sur l'intervalle de temps $[0, 240]$ au lieu de $[0, 120]$, et multiplier n par 2.
- C) Utiliser Scilab plutôt que Python pour coder la méthode d'Euler explicite.
- D) Rien, la méthode d'Euler explicite ne sera jamais adaptée à ce problème.

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve facultative de
CONNAISSANCES AÉRONAUTIQUES

Durée : 1 heure

Coefficient : Bonus



Cette épreuve comporte :

1 page de garde
2 pages d'instructions recto/verso pour remplir le QCM (*à lire très attentivement*)
4 pages de texte recto

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

ÉPREUVE FACULTATIVE DE CONNAISSANCES AÉRONAUTIQUES

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve facultative de Connaissances Aéronautiques de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

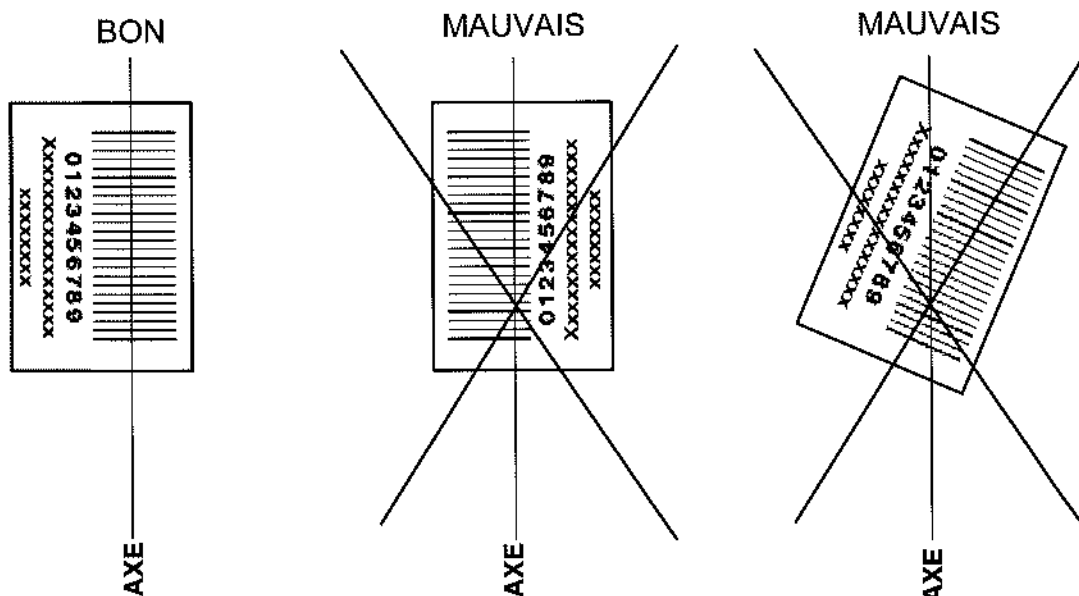
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, l'**étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez**, c'est-à-dire « épreuve facultative de Connaissances Aéronautiques ».

POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification **à gauche** (le trait vertical devant traverser la totalité des barres de ce code).

EXEMPLES :



- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un **STYLO BILLE** ou une **POINTE FEUTRE** de couleur **NOIRE**.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon (ou les feuilles de brouillons qui vous seront fournies à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 20 questions. Vous devez donc porter vos réponses sur les lignes numérotées de 1 à 20. N'utilisez en aucun cas les lignes numérotées de 21 à 100. Veillez à bien porter vos réponses sur la ligne correspondant au numéro de la question.

CHAQUE QUESTION NE COMPORTE QU'1 SEULE BONNE REPONSE.

Tournez la page S.V.P.

- 6) A chaque question numérotée entre 1 et 20, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 21 à 100 seront neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 1 à 20, vous avez 2 possibilités :

► soit vous décidez de traiter la question :
vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.

► soit vous décidez de ne pas traiter cette question,
la ligne correspondante doit rester vierge.

1 – La vitesse VFE est la vitesse:

- A) maximale, moteur pleine puissance
- B) minimale à afficher en finale
- C) maximale autorisée pour voler avec les volets sortis
- D) minimale pour sortir les volets

2 – Les lignes d'égale déclinaison magnétique s'appellent :

- A) des isogones
- B) des isobares
- C) des iso-magnétiques
- D) des isothermes

3 – L'anémomètre est un instrument qui donne :

- A) le taux de chute ou de montée
- B) la vitesse sol
- C) la vitesse vraie
- D) la vitesse indiquée

4 – Un altimètre calé au QNH :

- A) indique une altitude par rapport à la mer
- B) indique une hauteur par rapport au sol
- C) indique un Niveau de vol
- D) indique une altitude pression

5 – La manette permettant le réglage de la richesse sur un moteur à piston est de couleur :

- A) bleue
- B) grise
- C) jaune
- D) rouge

6 – le facteur de base d'un avion volant à 100 kt est de :

- A) 0.8
- B) 1.5
- C) 0.6
- D) 100

7 – La LTA est classée:

- A) toujours A
- B) D ou E
- C) toujours D
- D) G

8 - La distance de décollage pour un avion léger est :

- A) la distance de roulement sur la piste
- B) la distance depuis le lâcher des freins jusqu'au passage des 15 Pieds
- C) la distance depuis le lâcher des freins jusqu'au passage des 15 mètres
- D) la distance depuis le lâcher des freins jusqu'à la rotation

9 – L'axe de tangage est :

- A) perpendiculaire aux ailes de l'avion
- B) toujours horizontal
- C) passe par la gouverne de direction de l'avion
- D) perpendiculaire à l'axe du fuselage de l'avion

10 – En cas d'urgence la fréquence à utiliser est :

- A) 121.5
- B) 123.5
- C) 130.0
- D) 123.45

11 – L'onde de ressaut est caractérisée :

- A) par un vent faible
- B) par des lenticulaires
- C) par des Cumulonimbus
- D) une couche sous ondulatoire laminaire

12 – Un cirrostratus est un nuage :

- A) élevé
- B) de moyenne altitude
- C) bas
- D) à grande extension verticale

13 - Sans vent, l'indicateur VOR vous indique que vous êtes sur le QDR 210 :

- A) vous prenez le cap magnétique 030 pour rejoindre la station
- B) vous êtes au Nord Est de la station
- C) vous prenez le cap magnétique 210 pour rejoindre la station
- D) au cap magnétique 300 la station est à votre gauche

14 - Qu'est-ce qu'un goniomètre ?

- A) un instrument de radionavigation à bord de l'avion
- B) une aide pour les pilotes à visualiser les aéronefs
- C) un instrument qui mesure la visibilité horizontale
- D) une aide pour les contrôleurs à localiser l'appel radio d'un aéronef

15 - Le terme de brume est utilisé dès lors que la visibilité est :

- A) supérieure à 1 km et inférieure à 5 km
- B) inférieure à 1500 m
- C) inférieure à 1 km
- D) inférieure à 500 m

16 – Un avion volant à 120 kt et voulant suivre une route magnétique 060°, le vent est du Nord/30 kt. Le pilote estime une dérive d'environ :

- A) 5°
- B) 15°
- C) 20°
- D) 25°

17 - Le symbole suivant  sur une carte TEMSI signifie:

- A) onde orographique
- B) brume sèche
- C) cyclone tropical
- D) givrage mou

18 – vous suivez une route magnétique 120°, le vent est du 270°/30 kt :

- A) la vitesse sol est égale à la vitesse propre
- B) la vitesse sol est inférieure à la vitesse propre
- C) la vitesse sol est supérieure à la vitesse propre
- D) la dérive est nulle

19 – Le vent est calme et vous volez au Cm 300°. Le radio compas vous indique un gisement de 300°. Quel cap magnétique prenez vous pour rejoindre la station ?

- A) cap magnétique Nord
- B) cap magnétique 300°
- C) cap magnétique 260°
- D) cap magnétique 240°

20 –L'ILS est :

- A) un instrument de navigation inertielle
- B) un système anticollision embarqué
- C) un moyen de radio navigation utilisable en finale
- D) un moyen de radio navigation longue distance

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve facultative
d'ALLEMAND

Durée : 1 heure

Coefficient : Bonus



Cette épreuve comporte :

1 page de garde
1 page de texte et questions

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

Ein berühmter Deutscher auf Pilgerreise

1. Hans-Peter Kerkeling ist einer der beliebtesten Entertainer Deutschlands. In einem Bestseller beschreibt er die Erlebnisse seiner Pilgerreise nach Santiago de Compostella. Mit 35 Jahren bringt er etliche Kilo zu viel auf die Waage ist total überarbeitet. Für ihn ist es Zeit, eine Pause zu machen. Er will sich finden. Während der Reise wird er nicht nur mehr über sich selbst erfahren, sondern auch die verschiedensten Menschen kennen lernen.
2. Mit „klassischen“ Pilgern sucht Kerkeling allerdings keinen Kontakt, das langweilt ihn. Stattdessen ziehen ihn „Sonderlinge und Exoten“ an. Ein Kritiker sagt zu dem Buch: „Da ich selbst ein Santiago Pilger bin, habe ich die französische Übersetzung dieses berühmten deutschen Camino Buches lange erwartet. Fast jeder Deutsche, den ich auf dem Weg nach Santiago traf, hatte das Buch gelesen. Für einige war es der Grund, die 800-km-Reise zu wagen.“
3. „Also war ich sehr angenehm überrascht, als ich das Buch nicht aus der Hand legen konnte. Ein interessanter Aspekt des Buches ist, dass Kerkeling Details über den Camino selbst beschreibt. Tatsache ist, dass er so gut wie den ganzen Weg gepilgert ist, selbst wenn er einige Herbergen übersprungen hat. Seine Route beginnt in der Einsamkeit, aber dann entdeckt er seine Leidenschaft für die Landschaft und die Menschen. Nach der Veröffentlichung des Buches stieg die Zahl der Pilger rasch. Obwohl dieses Phänomen nicht wissenschaftlich untersucht wurde, wird es generell auf das Buch zurückgeführt und als „Kerkeling-Effekt“ bezeichnet. Prima, Kerkeling, und weiterhin einen guten Weg!“

Glossar

Pilger: jemand, der eine längere [Fuß]reise zu einer religiös besonders verehrten Stätte macht (*pèlerin*)

Entertainer: jemand, dessen Beruf es ist, einem [größeren] Publikum leichte, heitere Unterhaltung zu bieten (*animateur*)

Herberge: einfaches Gasthaus (*auberge*)

Überspringen: hier: einen Teil von etwas auslassen (*sauter, ignorer, faire l'impasse sur*)

Leidenschaft: Begeisterung, Eifer, Emotion (*passion*)

Rasant: besonders schnell (*rapide, fulgurant*)

- Übersetzen Sie den 2.Paragrafen. (8 Punkte)
- Beantworten Sie folgende Frage:
Warum hat der Entertainer die Pilgerreise unternommen und was ist der „Kerkeling-Effekt“? (8 Punkte)
- Aus wie vielen bereits vorhandenen Wörtern besteht das Wort „Reiseberichtsammlung“ und was bedeuten die einzelnen Komposita? (4 Punkte)

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2016

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve facultative
d'ESPAGNOL

Durée : 1 heure

Coefficient : Bonus



Cette épreuve comporte :

1 page de garde
2 pages de texte et questions recto

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

EL PAÍS

Daniel Mediavilla 15 OCT 2015

¿Podría un astronauta solo sobrevivir en Marte?

Si necesitásemos un planeta distinto de la Tierra para vivir, el único que nos daría alguna opción de supervivencia sería Marte. Los robots exploradores que han visitado aquel planeta nos han enviado imágenes de un mundo parecido a los desiertos terrestres, sin vegetación ni ríos a la vista, pero algo más acogedor que la espléndida desolación que encontraron los astronautas cuando llegaron a la Luna. Desde que a finales del siglo XIX el astrónomo italiano Giovanni Schiaparelli descubrió los canales que surcaban el planeta rojo, aquel mundo ha capturado la imaginación de los terrícolas y en él se concentraron las esperanzas de encontrar vida extraterrestre.

La llegada de las primeras sondas a Marte y el intento fallido de las *Viking* de encontrar vida microscópica enfriaron un poco los ánimos en torno a un planeta mucho más hostil para la vida que cualquier desierto terrestre.

Mientras los ingenieros y los políticos se ponen de acuerdo en la mejor manera para llevar a humanos a un desierto abrasado por la radiación a millones de kilómetros de distancia, la ficción puede hacer más llevadera la espera.

Mañana viernes se estrena en España *Marte (The Martian)*, de Ridley Scott. En esta historia, basada en la novela de Andy Weir *El Marciano*, se cuenta la epopeya de Mark Watney, un astronauta interpretado por Matt Damon que, tras ser dado por muerto, se queda solo en Marte. Abandonado por sus compañeros y sin un medio de transporte para regresar a la Tierra, se da cuenta de que tiene que asumir que es hombre muerto o apañárselas para sobrevivir durante cuatro años hasta la llegada de la siguiente misión de exploración marciana. Watney elige vivir y sabe que solo la ciencia le dará alguna posibilidad de escapar de aquel mundo.

La Tierra cuenta con un potente campo magnético producido por su núcleo de hierro, situado a más de 3.000 kilómetros de profundidad. Esa barrera protectora desvía parte de la radiación que barre el espacio y que resulta dañina para los seres vivos. Se sabe que Marte contaba con un intenso campo magnético parecido al terrestre, pero desapareció hace 4.000 millones de años, 500 después de la formación del planeta. Sin ese escudo, el planeta rojo está sometido a un intenso bombardeo radiactivo, que obligaría a los exploradores humanos a llevar algún tipo de indumentaria que les protegiese. Según comentaba Pedro Duque, con el traje de astronauta de Watney, la prolongada exposición a la radiación le condenaría en poco tiempo a sufrir intensas mutaciones y cáncer. Este es el motivo por el que algunos de los diseños para las futuras colonias marcianas sean subterráneos.

Otro de los importantes contratiempos que sufriría un naufrago en Marte sería la comida. Watney es botánico y debe aplicar todo su talento para producir patatas con las que sobrevivir hasta la llegada de una misión de rescate. Sin cuestionar las habilidades del astronauta de Ridley Scott, que vive su aventura en un futuro no muy lejano, en la actualidad aún queda mucho por aprender para convertir el desierto marciano en un entorno más o menos fértil.

1 - ¿ El proyecto de vivir en Marte parece posible ? (8 Pts)

2 - Traducir desde « Si necesitásemos un planeta distinto » a « las esperanzas de encontrar vida extraterrestre». (8 Pts)

3 - Poner en presente desde « Los robots exploradores que han visitado » hasta « las esperanzas de encontrar vida extraterrestre . (4 Pts)

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



Épreuve facultative
d'ITALIEN

Durée : 1 heure

Coefficient : Bonus



Cette épreuve comporte :

1 page de garde
2 pages de texte et questions recto

TOUT DISPOSITIF ÉLECTRONIQUE EST INTERDIT (EN PARTICULIER L'USAGE DE LA CALCULATRICE)

La fine della civiltà contadina

Vengo da una famiglia povera ma molto cattolica, di contadini veneti. Ho vissuto per anni in una casa fatta per metà di mattoni cotti e per metà di mattoni crudi, che quando pioveva si sbriciolavano e si assottigliavano come carte. Vivevamo con gli animali, insetti, topi. Mancava tutto. Ma c'era questa grande irrecuperabile forza di resistenza e di sopportazione che veniva dalla religiosità e che per noi tutti era incarnata in nostra madre. (...)

Di mio padre, tuttora vivo, posso dire poco : lavorava dall'alba al tramonto, era sempre sui campi, come i miei tre fratelli. Non c'era luce elettrica, né acqua in casa, né riscaldamento, né gas. Io studiavo con una lampada a carburo o con una a petrolio. Si andava a letto presto, perché gli occhi si stancavano. Ci si alzava presto, per sfruttare la luce del sole. Quando arrivò la luce elettrica si era ormai negli anni Sessanta. Con la luce elettrica arrivò la radio, con la radio arrivarono notizie da tutto il mondo, e musica, e canzoni, e cronache delle partite di calcio, e commedie, e pubblicità. Cambiarono le abitudini, il modo di vestire, di parlare, di passare le sere e le domeniche, di discutere di politica e di andare a votare. Nessuno era più solo, pareva di essere in contatto con tutti. Fu una rivoluzione, un fatto di immensa importanza, che mise fine a una civiltà ; la civiltà contadina. La fine della civiltà contadina è uno di quegli eventi di cui la stampa non parla, perché avviene lentissimamente, ci mette decenni a compiersi.

Con la civiltà contadina è scomparso un tipo di uomo, di morale, di ambiente. Arrivata la luce elettrica, il giorno era diventato più lungo, nessuno voleva più andare a letto a sera, tutti restavano su a giocare, a bere vino, a fare fìlò, cioè a raccontare storie nelle stalle. L'osteria comprò la televisione, tutti si andava là. Si vedevano donne vestite bene, case ricche, film con la musica, auto, città. Si scoprì che c'era un altro mondo, più luminoso, più potente, più moderno. Il nostro mondo morì.

Ferdinando Camon , Un altare per la madre

La fine della civiltà contadina

TRADURRE : (4 points)

Da « Vengo da una famiglia povera.....a
« incarnata in nostra madre ».

DOMANDE :

- 1) Negli anni sessanta, la vita dei contadini fu trasformata. Che tipo di rivoluzione provocò ? (8 points)

- 2) Commentate la frase « Con la civiltà contadina è scomparso un tipo di uomo, di morale, di ambiente. »

(8 points)