

Banque Lettres et Sciences Économiques et Sociales

ENS Paris – Épreuve écrite de mathématiques 2019

Jérémie Bettinelli, Aurelia Deshayes, Émilie Kaufmann, Cyril Marzouk

Durée : 4 heures

calculatrice interdite

1 Commentaires généraux

Structure du sujet. Le sujet était composé de trois problèmes indépendants permettant d’aborder diverses notions couvrant les trois grands axes du programme. Nous avons porté une attention particulière à proposer aux candidat-es des questions abordables dans chaque partie, mais également à poser régulièrement des questions plus délicates pour permettre aux meilleur-es candidat-es de se distinguer.

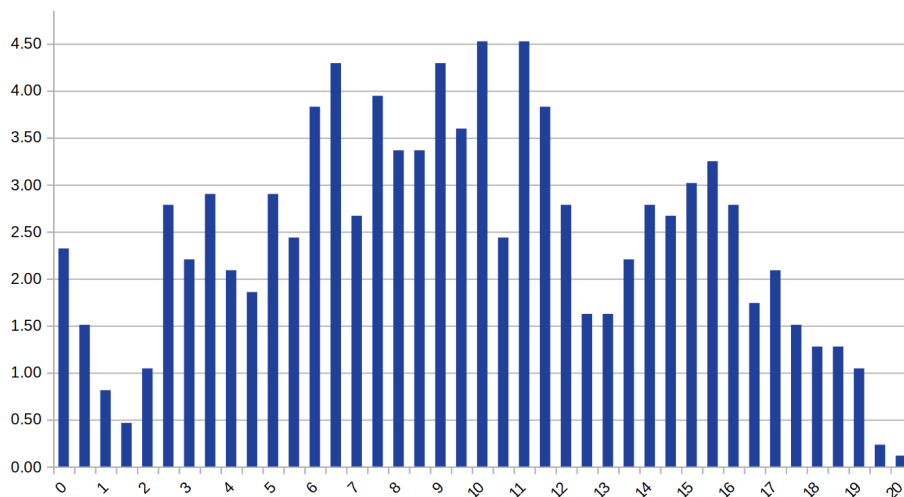


FIGURE 1 – Pourcentage des copies ayant obtenu une note d’écrit donnée.

Le premier problème visait à encadrer avec grande probabilité la moyenne de variables aléatoires de Poisson, afin d’estimer certaines probabilités dans une situation industrielle concrète. Ce problème a donné lieu à des études de fonctions, des calculs d’espérances de variables aléatoires discrètes, et plus largement des calculs de probabilités.

Le deuxième problème s’intéressait à la diagonalisation des matrices antisymétrique, et faisait manipuler les notions classiques d’algèbre linéaire (calcul matriciel, transposée, noyaux, images, sommes directes) ainsi que la notion de produit scalaire, nouvellement au programme.

Le troisième problème mettait en jeu des notions d’analyse non abordées dans les deux premiers problèmes : séries numériques et calcul d’intégrales. Il amenait les candidat-es à obtenir une expression de la fonction Gamma d’Euler comme un produit infini.

Bilan général. Le sujet a permis de bien classer les candidat-es, y compris pour les faibles notes. La présence de questions simples sur beaucoup d’aspects du programme a récompensé

les candidat·es ayant fourni un investissement minimal en mathématiques. Nous demeurons très satisfaits du niveau des meilleur·es candidat·es qui, comme chaque année, abordent avec succès un grand nombre de questions et démontrent ainsi leur maîtrise de toutes les parties du programme. Ces excellent·es candidat·es feront à coup sûr de brillants élèves en mathématiques dans les écoles de la banque.

Transformation des notes brutes. Chaque question du sujet était notée sur 4 points et affectée d'un coefficient précisé plus bas. Les copies étaient ainsi notées sur 226 cette année. La meilleure copie a obtenu une note brute de 167/226 (74% des points, contre 75% en 2018 et 77.5% en 2017). Si on applique une transformation linéaire assignant 20 à la meilleure copie, on obtient l'histogramme bleu de la figure 2.

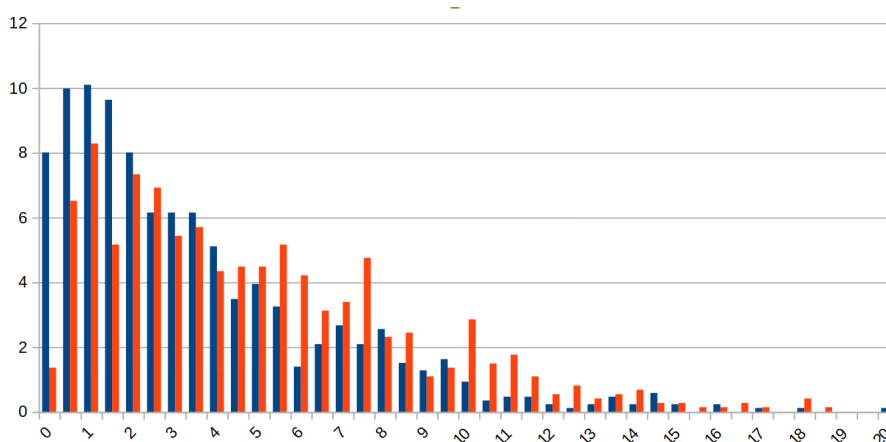


FIGURE 2 – Comparaison entre 2018 (en rouge) et 2019 (en bleu) des histogrammes des pourcentages de notes de l'écrit qui seraient obtenues par transformation linéaire à partir de la note brute. En rouge, 2018 (la moyenne serait de 4.9/20) et en bleu, 2019 (la moyenne serait de 3.5/20).

Ces courbes de note brutes font apparaître le fait que le sujet a été bien moins réussi que l'année dernière, avec beaucoup plus de notes entre 0/20 et 6/20. Une moyenne à 3.5/20 étant bien sûr incomparable aux moyennes obtenues dans les autres matières, nous effectuons comme chaque année une transformation linéaire par morceaux des notes brutes sur 226 afin d'obtenir des notes sur 20 avec une moyenne et un écart type comparables à ceux des autres matières. Cette année, nous avons cherché à respecter la nature multi-modale de la distribution des notes brutes, et l'histogramme de la figure 1 fait ainsi apparaître un premier groupe de note centré à 8 – 9 et un deuxième groupe centré à 15 – 16. Ainsi une note brute de 6/20 correspond à une note finale de 14/20.

L'effet de cette transformation est double. D'une part elle conduit à un étalement des copies ayant obtenues de faibles notes, ce qui récompense les candidat·es ayant fourni un investissement minimal en mathématiques. D'autre part, elle réduit malheureusement l'écart entre les meilleures copies, toutes tirées vers le haut. Cependant, nous pensons que l'oral permet de bien départager ces meilleurs candidat·es.

Nous insistons sur le fait que les informations sur la transformation des notes ne concernent que cette année 2019 et ne présentent rien sur les processus futurs d'harmonisation.

Évolution par rapport à 2018. Pour analyser les performances des candidat-es sur le sujet, nous allons plutôt regarder les notes brutes avant transformation linéaire par morceaux (c'est-à-dire celles de la figure 2), qui reflètent davantage le niveau réel des candidat-es.

Comme mentionné plus haut, on peut noter que l'épreuve a été moins bien réussie cette année (moyenne à 3.5/20 contre 4.9/20 en 2018 et 5.9/20 en 2017). Nous assistons également au retour des copies vides, (quasi) absentes en 2017 et 2018. Le pourcentage de notes ≤ 2 remonte largement à 45% (contre 25% en 2017, au niveau des 39% de 2016). Le pourcentage de notes ≥ 10 est en forte baisse à 5% (contre 10.5% en 2018 et 18% en 2017).

La table 1 présente des éléments statistiques comparant les notes finales (après transformation, c'est-à-dire les notes de la figure 1) obtenues en 2019 avec celles des années précédentes. Un des effets de la transformation effectuée cette année est l'augmentation du pourcentage de notes entre 16 et 20, conséquence de la nécessité d'obtenir une moyenne autour de 10 à partir d'un grand nombre de mauvaises notes.

TABLE 1 – Éléments statistiques de comparaison entre les épreuves écrites de 2016, 2017, 2018 et 2019. Ces statistiques concernent l'ensemble des candidat-es inscrit-es à l'une au moins des écoles de la banque Lettres et Sciences économiques et sociales et présent-es à l'épreuve de mathématiques. Les copies « vides » sont les copies non blanches mais ayant obtenu la note zéro; par exemple, celles des candidat-es s'étant borné-es à recopier l'énoncé.

	2016	2017	2018	2019
Candidat-es présent-es	802	745	736	862
Copies blanches	11 (1.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Copies vides	24 (3.0%)	0 (0%)	1 (1%)	20 (2.3%)
Notes entre 0 et 1.5	85 (10.6%)	11 (1.5%)	18 (2.4 %)	44 (2.5%)
Notes entre 0.5 et 4.5	138 (17.2%)	102 (13.7%)	121 (16.5 %)	135 (15.7%)
Notes entre 10 et 20	371 (46.3%)	367 (49.2 %)	358 (48.7%)	408 (47.3%)
Notes entre 16 et 20	68 (8.5%)	59 (7.9 %)	62 (8.4 %)	104 (12.1%)
Moyenne	8.98	9.52	9.53	9.51
Écart-type	4.84	3.94	4.32	4.84
Médiane	9	9.5	9.5	9.5
Moyenne hors zéros	9.39	9.52	9.54	9.72
Écart-type hors zéros	4.55	3.94	4.31	4.7
Médiane hors zéros	9.5	9.5	9.5	9.5
Moyenne des notes ≥ 4	10.53	10.12	10.34	10.74
Écart-type des notes ≥ 4	3.71	3.49	3.8	4.03
Médiane des notes ≥ 4	10.5	10	10	10

2 Conseils aux candidat-es

Comme chaque année, nous profitons du rapport pour donner aux futur-es candidat-es quelques conseils de base pour bien réussir l'épreuve de mathématiques.

Honnêteté. Il est très appréciable de voir les candidat-es aborder de nombreuses questions. Toutefois, nous rappelons qu'il est immédiat de repérer les copies qui tentent de répondre à une question de façon malhonnête ou de grappiller des points. Ces tentatives de bluff sont particulièrement irritantes et pénalisent ensuite les candidat-es tout au long de la copie, toute ambiguïté étant ensuite systématiquement interprétée comme une erreur.

Les candidat-es sont également invité-es à s'interroger sur la cohérence des résultats annoncés sur leur copie, comme par exemple un calcul de $I_1(x)$ en C-(4)(a) incohérent avec l'expression générale explicitement donnée en C-(4)(b). Repérer une incohérence permet généralement aux candidat-es de corriger une erreur. A minima, celles-ci et ceux-ci ont intérêt à la signaler s'ils n'ont pu la corriger. Nous n'hésitons jamais à valoriser une réponse correcte, même très partielle, du moment que ses limites sont clairement identifiées. Au contraire, toute tentative de bluff, réelle ou supposée, fera systématiquement perdre les points de la question et jettera le doute sur le reste de la copie. Ainsi nous avons pu lire toutes sortes d'égalités fausses afin de prouver l'hérédité dans un raisonnement par récurrence souvent proposé à la question C-(4)(b).

Rédaction. L'épreuve de mathématiques exige rigueur et précision, il est parfaitement inutile et même néfaste de tenter de répondre à un grand nombre de questions si on ne soigne pas la rédaction. Quasiment toutes les questions peuvent être traitées en utilisant un ou parfois deux arguments très courts. La rédaction des questions élémentaires, de plus en plus nombreuses, joue un rôle important dans la notation, qui favorise largement les candidat-es répondant de manière impeccable à quelques questions par rapport à celles et ceux essayant à tout prix de traiter toutes les questions sans jamais le faire proprement.

Ainsi, la multiplication des questions élémentaires doit inviter les candidat-es les plus modestes à accorder davantage de temps à ces questions de base qu'aux questions plus avancées des exercices. Il est toujours beaucoup plus difficile de récupérer des points sur les questions plus délicates qui exigent souvent d'avoir bien compris les notations du sujet et les questions précédentes.

Nous détaillons les principales attentes du jury quant à la rédaction de l'épreuve écrite et indiquons des erreurs courantes qu'il convient d'éviter. Une réponse bien rédigée doit montrer *sans ambiguïté* au jury que le candidat a trouvé une démonstration *complète, concise, sans argument erroné*, n'utilisant que des résultats au programme et répondant bien à la question posée.

- Ambiguïté ou démonstration incomplète. Un-e candidat-e perdra systématiquement des points en laissant floue une partie de son raisonnement, ne serait-ce que parce qu'il se trouve toujours une dizaine d'autres copies levant la même ambiguïté avec un argument totalement faux. Il est très important en mathématiques de savoir ce que l'on fait, quitte à ne proposer qu'une réponse partielle.

Il est indispensable de mentionner tous les arguments dans la résolution d'une question de base. Par exemple, à la question A-(9), il fallait évoquer l'indépendance des variables.

De plus, il faut *toujours* mentionner un résultat prouvé dans une question précédente lorsqu'on l'utilise.

Nous avons pénalisé les copies tentant manifestement de grappiller des points en écrivant des assertions non justifiées et souvent fausses dans les questions plus difficiles.

- Précision. Il est toujours préférable de répondre à la question posée. Par exemple, en B-(1), la deuxième partie de la question était « La matrice \mathbf{B} est-elle anti-symétrique ? » Les candidat-es ayant répondu « La matrice \mathbf{B} est symétrique. » ont évidemment perdu des points. En question B-(4), il était demandé de vérifier que -3 était valeur propre de \mathbf{B} et d'exhiber un vecteur propre associé. Il n'était ni demandé de chercher toutes les valeurs propres de \mathbf{B} ni de chercher le sous-espace propre associé à -3 .
- Concision. La plupart des questions de l'épreuve peut être résolue à l'aide d'un argument très court. Nous valorisons toujours les candidat-es capables de mettre cet argument en évidence par rapport à celles et ceux qui le délayent dans une suite de calculs ou de phrases sans intérêt. Par exemple, en B-(4), il suffisait de répondre que -3 était une valeur propre et que, par exemple, $(1, 1, 0)$ était un vecteur propre associé car $(1, 1, 0) \neq \mathbf{0}$ et $\mathbf{B}(1, 1, 0) = -3(1, 1, 0)$.
- Arguments erronés. Pire, énoncer une affirmation manifestement fausse ne peut que jeter la suspicion sur toute la copie. Par exemple, écrire que $\ln(x) = o(x)$ lorsque $x \rightarrow 0$ en A-(2) met en alerte le jury.
- Rédaction et sténographie. Nous avons apprécié la disparition quasi-complète de signes cabalistiques ou notations non-standard, nous encourageons vivement les futur-es candidat-es à poursuivre cet effort.
- Orthographe, erreurs de calculs. Même en mathématiques, il est nécessaire de relire sa copie avant de la rendre de manière à éviter autant que possible d'y laisser des fautes d'orthographe ou de calcul grossières.
- Nous insistons à nouveau sur la présentation de la copie et la lisibilité de l'écriture. Nous avons cette année encore eu beaucoup de mal à déchiffrer certaines copies et probablement pénalisé des candidat-es croyant sans doute gagner un peu de temps en les négligeant. Nous rappelons qu'un argument illisible est systématiquement considéré comme faux.

Forme. Il est souhaitable de présenter sa copie le plus clairement possible. En particulier, le jury apprécie que les réponses à un même exercice soient présentées dans l'ordre, et qu'en tous cas les éléments de réponse à une même question soient rassemblés en un seul endroit, sauf mention explicite du contraire. Il est également apprécié que les conclusions soient mises en valeur par exemple en les encadrant, soulignant, surlignant. Nous sommes heureux de constater les efforts dans la plupart des copies qui les rendent agréables à lire.

3 Erreurs les plus fréquentes

Nous signalons ici quelques erreurs ou confusions commises dans plusieurs copies :

- Un nombre significatif de candidat-es ont fait de l'excès de zèle à la question (1) du problème A et ont calculé les dérivées partielles secondes sans que cela soit demandé dans l'énoncé.

- Nous avons observé quelques erreurs sur le support de la loi de Poisson ($\{0, 1, \dots, n\}$ avec n non précisé pour certain-es candidat-es).
- Plusieurs copies ont invoqué la « stabilité des lois de Poisson » pour affirmer que \overline{X}_n , la moyenne de n variables aléatoires de Poisson, suit aussi une loi de Poisson. L'examen du support de la variable aléatoire \overline{X}_n suffit à réfuter cette affirmation.
- Le vecteur nul a été proposé comme base de $\ker(A)$ dans plusieurs copies.
- Certain-es candidat-es ne se formalisent pas d'obtenir des sous-espaces vectoriels de dimension 6 d'un espace vectoriel de dimension 3. Cette erreur est la conséquence d'une mauvaise application du théorème du rang aux matrices, mais l'incohérence devrait au moins être relevée.
- Pour chercher les valeurs propres de la matrice B , certains candidat-es cherchent directement les valeurs propres d'une matrice équivalente, sans justifier pourquoi celle-ci a bien les mêmes valeurs propres (ce n'est pas toujours le cas, la réduite de Gauss a cette propriété car seule des opérations sur les lignes ont été effectuées).
- Il y a trop souvent confusion entre \emptyset et $\{0\}$, que l'on repère notamment dans les questions (2) et (11) du problème B.
- « $\langle \mathbf{x} | \mathbf{y} \rangle = 0$ donc \mathbf{x} et \mathbf{y} sont non colinéaires » a été utilisé comme une propriété dans plusieurs copies (à tort car il faut considérer le cas $\mathbf{x} = 0$ ou $\mathbf{y} = 0$).
- Certain-es candidat-es semblent penser que toutes les séries à termes positifs convergent. Lorsqu'un énoncé demande de montrer qu'une série converge, il convient alors de justifier que sa valeur est un nombre fini.
- Certain-es candidat-es semblent penser que, par définition, une intégrale est toujours positive, sans vérifier qu'ils intègrent bien une fonction positive.

4 Commentaires détaillés sur chaque problème

En vue de préciser notre analyse des principales faiblesses observées dans les copies, nous indiquons pour chaque question le nombre de copies ayant obtenu au moins 75% des points, le nombre de copies l'ayant abordée (sur un total de 862 copies) ainsi que la réussite (pourcentage du nombre total de points obtenus par les 862 copies par rapport au nombre total de points possible). Par ailleurs, chaque question était notée sur 4 points, avec un coefficient multiplicatif indiqué ci-dessous.

Problème A. Les candidat-es ont obtenu en moyenne 38% de leurs points sur ce problème.

- (1) [356 copies \geq 75% sur 784 copies, réussite de 52%, coefficient 0.5]
Quelques erreurs de calcul et de dérivation.
- (2)(a) [489 copies \geq 75% sur 783 copies, réussite de 62%, coefficient 1]
Question plutôt bien traitée.
- (2)(b) [255 copies \geq 75% sur 701 copies, réussite de 43%, coefficient 0.5]
Pour obtenir tous les points, il fallait préciser le comportement de la fonction en 0 et 1.

- (3) [262 copies $\geq 75\%$ sur 712 copies, réussite de 43%, coefficient 1]
Il fallait démontrer soigneusement l'équivalence correspondant au cas d'égalité.
- (4) [84 copies $\geq 75\%$ sur 449 copies, réussite de 15%, coefficient 1]
Certaines copies ont refait une étude de fonction similaire (ce qui, si fait correctement, a bien sûr valu tous les points), mais il suffisait de remarquer que $d(u, v) = vf(u/v)$.
- (5) [85 copies $\geq 75\%$ sur 131 copies, réussite de 10%, coefficient 2]
Il s'agissait de chercher l'extremum d'une fonction, sans oublier de justifier qu'il s'agissait bien d'un maximum.
- (6)(a) [243 copies $\geq 75\%$ sur 541 copies, réussite de 29%, coefficient 1]
Trop peu de copies ont calculé correctement l'espérance de cette loi à support fini.
- (6)(b) [139 copies $\geq 75\%$ sur 364 copies, réussite de 15%, coefficient 1]
L'existence de l'espérance a été très peu souvent justifiée.
- (7) [64 copies $\geq 75\%$ sur 309 copies, réussite de 8%, coefficient 0.5]
Certaines copies ont supposé que Z était une variable aléatoire discrète ou à densité, alors qu'on pouvait aisément traiter le cas général.
- (8) [46 copies $\geq 75\%$ sur 156 copies, réussite de 7%, coefficient 1]
Il fallait penser à utiliser l'inégalité de Markov pour les variables aléatoires positives et bien noter la positivité de la variable, ainsi que la stricte positivité du minorant.
- (9) [87 copies $\geq 75\%$ sur 231 copies, réussite de 12%, coefficient 1]
Des confusions dans les propriétés de l'exponentielle.
- (10) [54 copies $\geq 75\%$ sur 109 copies, réussite de 7%, coefficient 1]
Cette question nécessitait d'avoir réussi les précédentes. Le résultat étant donné, cela n'a pas empêché certaines copies malhonnêtes de le « prouver ».
- (11) [107 copies $\geq 75\%$ sur 274 copies, réussite de 14%, coefficient 0.5]
Nous avons été surpris par le petit nombre de copies traitant cette question, qui ne nécessitait que du bon sens et la connaissance de l'espérance d'une loi de Poisson.
- (12)(a) [138 copies $\geq 75\%$ sur 155 copies, réussite de 16%, coefficient 0.5]
Une question simple qui nécessitait l'application des questions précédentes, bien traitée par les copies l'ayant remarqué.
- (12)(b) [10 copies $\geq 75\%$ sur 89 copies, réussite de 1%, coefficient 1]
Beaucoup de copies ayant traité la question précédente n'ont pas vu la subtilité du cas $x < 0$.
- (13)(a) [10 copies $\geq 75\%$ sur 91 copies, réussite de 3%, coefficient 1]
Les copies ayant vu qu'il fallait utiliser la question (5) ont obtenu des points, mais ont souvent proposé une majoration fautive de l'expression de la question (12)(a) au lieu de choisir une valeur particulière pour x .
- (13)(b) [8 copies $\geq 75\%$ sur 57 copies, réussite de 2%, coefficient 1]
Question similaire à la précédente.
- (14) [7 copies $\geq 75\%$ sur 30 copies, réussite de 1%, coefficient 1.5]
Peu de réussite sur cette question.
- (15) [1 copie $\geq 75\%$ sur 6 copies, réussite de 0%, coefficient 2]
Cette question n'a été correctement traitée que dans une seule copie.

Problème B. Les candidat-es ont obtenu en moyenne 38% de leurs points sur ce problème.

- (1) [763 copies \geq 75% sur 830 copies, réussite de 84%, coefficient 0.5]
Question simple. Nous avons trop souvent obtenu la réponse « **B** est symétrique » au lieu de « **B** n'est pas anti-symétrique ». Nous avons également eu la réponse fautive « **B** n'est pas anti-symétrique car elle est symétrique » (la matrice nulle est symétrique et anti-symétrique). Pour conclure pour **B**, il suffisait de donner un coefficient ne satisfaisant pas la propriété (en l'occurrence, n'importe lequel fonctionnait).
- (2) [390 copies \geq 75% sur 696 copies, réussite de 50%, coefficient 0.5]
Beaucoup de rédactions confuses sur cette question.
- (3) [426 copies \geq 75% sur 717 copies, réussite de 53%, coefficient 0.5]
Il suffisait de calculer le noyau et d'appliquer le théorème du rang.
- (4) [355 copies \geq 75% sur 667 copies, réussite de 48%, coefficient 1]
Il suffisait de vérifier que -3 était valeur propre en proposant un vecteur propre associé.
- (5) [317 copies \geq 75% sur 734 copies, réussite de 43%, coefficient 0.5]
Il ne s'agissait pas d'utiliser la propriété de définie positivité du produit scalaire mais bien de la démontrer.
- (6) [171 copies \geq 75% sur 535 copies, réussite de 24%, coefficient 0.5]
Pour obtenir tous les points, il fallait justifier la formule du cours $\langle \mathbf{x} | \mathbf{y} \rangle = \mathbf{X}^T \mathbf{Y}$.
- (7) [91 copies \geq 75% sur 506 copies, réussite de 13%, coefficient 1]
Cette question, que certaines copies ont voulu traiter en dimension 2 ou 3 (sans obtenir de points), a donné lieu à beaucoup d'erreurs d'indices.
- (8) [126 copies \geq 75% sur 342 copies, réussite de 15%, coefficient 0.5]
Il fallait utiliser la symétrie du produit scalaire.
- (9)(a) [114 copies \geq 75% sur 328 copies, réussite de 14%, coefficient 1]
Question plutôt bien traitée dans les copies l'ayant abordée.
- (9)(b) [93 copies \geq 75% sur 214 copies, réussite de 12%, coefficient 1.5]
Il fallait utiliser le fait qu'un vecteur propre est non nul pour obtenir tous les points.
- (10) [101 copies \geq 75% sur 221 copies, réussite de 12%, coefficient 1.5]
Question plutôt bien traitée quand abordée.
- (11) [45 copies \geq 75% sur 251 copies, réussite de 9%, coefficient 2]
Peu de copies ont su montrer que la somme était directe.
- (12) [63 copies \geq 75% sur 152 copies, réussite de 7%, coefficient 1]
Pas de grosse difficulté sur cette question.
- (13)(a) [27 copies \geq 75% sur 140 copies, réussite de 5%, coefficient 1]
Certaines copies n'ont pas vu la subtilité de cette question : il fallait soigneusement justifier que les deux vecteurs étaient libres et appartenaient à $\text{Im}(u)$.
- (13)(b) [80 copies \geq 75% sur 111 copies, réussite de 10%, coefficient 1]
Question simple et bien traitée.
- (14)(a) [10 copies \geq 75% sur 85 copies, réussite de 2%, coefficient 2]
Certaines copies ont justement remarqué que la seule valeur propre possible était 0, mais beaucoup n'ont pas su justifier pourquoi 0 n'était pas valeur propre de w .

(14)(b) [30 copies \geq 75% sur 46 copies, réussite de 4%, coefficient 1.5]

Question bien réussie si abordée.

(15) [1 copie \geq 75% sur 61 copies, réussite de 0%, coefficient 1.5]

Cette question n'a été traitée que dans une seule copie.

Problème C. Les candidat-es ont obtenu en moyenne 24% de leurs points sur ce problème.

(1) [26 copies \geq 75% sur 551 copies, réussite de 12%, coefficient 1.5]

Question difficile, qui pouvait se traiter par un développement limité à l'ordre 2 et l'utilisation du critère de Riemann.

(2) [94 copies \geq 75% sur 263 copies, réussite de 14%, coefficient 1]

Cette question pouvait se déduire simplement de la question précédente en passant à l'exponentielle convenablement.

(3) [279 copies \geq 75% sur 381 copies, réussite de 33%, coefficient 1]

La copies ayant traité cette question ont en général vu le changement de variable à faire.

(4)(a) [309 copies \geq 75% sur 548 copies, réussite de 37%, coefficient 0.5]

Le calcul a été plutôt bien mené.

(4)(b) [15 copies \geq 75% sur 213 copies, réussite de 5%, coefficient 1.5]

Cette question a donné lieu à beaucoup de raisonnements partiellement flous.

(5) [32 copies \geq 75% sur 79 copies, réussite de 4%, coefficient 0.5]

Question calculatoire mais peu difficile.

(6) [16 copies \geq 75% sur 324 copies, réussite de 9%, coefficient 1]

Très peu de copies ont vu qu'il y avait un problème d'intégrabilité en 0.

(7) [196 copies \geq 75% sur 244 copies, réussite de 22%, coefficient 0.5]

Il fallait invoquer la positivité de l'intégrale.

(8)(a) [139 copies \geq 75% sur 201 copies, réussite de 17%, coefficient 0.5]

La plupart des copies traitant cette question ont correctement utilisé la relation de Chasles.

(8)(b) [18 copies \geq 75% sur 137 copies, réussite de 5%, coefficient 1]

L'inégalité de gauche a été très malmenée dans les copies.

(8)(c) [2 copies \geq 75% sur 32 copies, réussite de 0%, coefficient 1.5]

Question très peu réussie, qui nécessitait une étude de fonction.

(9) [3 copies \geq 75% sur 30 copies, réussite de 1%, coefficient 1.5]

Peu de succès pour cette question.

(10) [aucune copie \geq 75% sur 28 copies, réussite de 0%, coefficient 2]

Cette question, très difficile, n'a été correctement traitée dans aucune copie.

(11) [6 copies \geq 75% sur 10 copies, réussite de 1%, coefficient 1]

Peu de réussite pour cette question.

(12) [1 copie \geq 75% sur 8 copies, réussite de 0%, coefficient 2]

Question très peu traitée, et qui nécessitait de justifier l'existence de la limite d'une certaine suite.