

La plus-value de la première année de CPGE scientifiques sur les performances en mathématiques et en physique

- En mai 2015, en France, un échantillon d'élèves de première année de classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) scientifiques a participé à l'évaluation TIMSS Advanced dans les mêmes conditions que les élèves de terminale S. Ces élèves, d'un âge moyen de 18,9 ans, correspondent à 2,6 % de leur classe d'âge. Avec un score moyen de 506 en physique, ils rejoignent le groupe des pays les plus performants dans TIMSS Advanced 2015. Avec un score de 591 en mathématiques, ils le dépassent. Les taux de réussite sont supérieurs à ceux des élèves de terminale S se destinant à une poursuite d'études en CPGE scientifiques. Cette différence est observée pour l'ensemble des items, mais avec des disparités selon les contenus disciplinaires et les domaines cognitifs. Enfin, les filles sont largement sous-représentées en CPGE scientifiques et leur performance moyenne est inférieure à celle des garçons.

Marion Le Cam, Sophie Edouard, Franck Salles - DEPP-B2

► L'enquête internationale TIMSS Advanced évalue les connaissances des élèves en mathématiques et en physique à la fin de leur scolarité dans les filières scientifiques de l'enseignement secondaire. Parmi les neuf pays participant en 2015, le profil des élèves varie selon l'âge et le nombre d'années d'enseignement suivies. De plus, certains pays réservent les enseignements scientifiques à ce niveau à une faible proportion d'élèves alors que d'autres les ouvrent à plus d'un élève sur cinq. Pour améliorer la comparabilité internationale des résultats et analyser plus finement les écarts de performances entre les élèves français, la DEPP a décidé d'interroger un échantillon complémentaire d'élèves de première année de classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques (appelées par la suite CPGE scientifiques). Ils représentent 2,6 % de leur classe d'âge ► « **Méthodologie** ».

LES ÉLÈVES DE CPGE SCIENTIFIQUES : UNE ÉLITE PERFORMANTE EN MATHÉMATIQUES

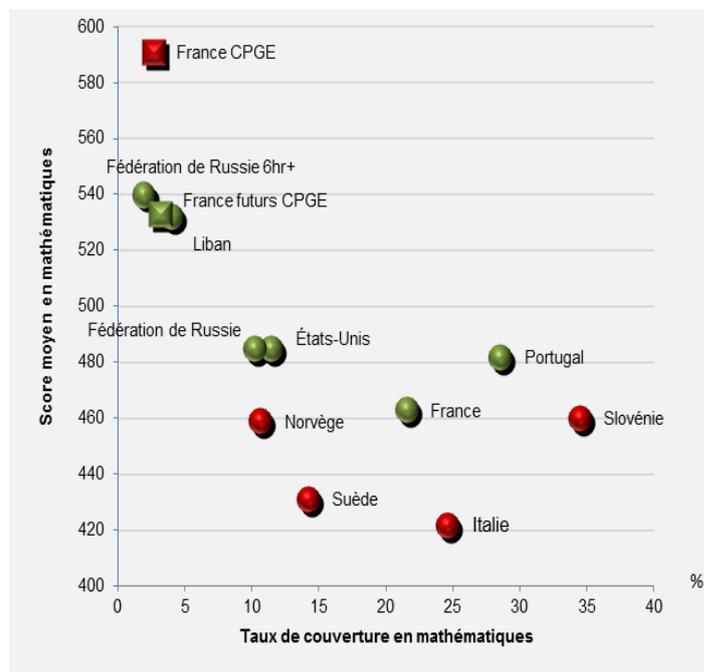
Les élèves de CPGE scientifiques ont obtenu en 2015 un score moyen en mathématiques de 591 points à l'évaluation TIMSS Advanced, très nettement supérieur à celui des autres pays ► **figure 1**. Ces élèves ont en moyenne 18,9 ans. La différence avec les pays ayant évalué leurs élèves de 19 ans – la Norvège (459 points), la Suède (431 points), l'Italie (422 points) et la Slovénie (460 points) – est significativement positive (supérieure à un écart type). Si la part des élèves de CPGE scientifiques parmi les jeunes de 19 ans est faible (2,6 %), la comparaison est encore nettement à leur avantage avec des pays ayant aussi fait le choix d'évaluer une part comparable de leur population : la Fédération de Russie 6h+ (taux de couverture de 1,9 % et 540 points) et le Liban (3,9 % et 532 points).

PLUS-VALUE DES ENSEIGNEMENTS EN CPGE SCIENTIFIQUES DANS LE DOMAINE DU RAISONNEMENT MATHÉMATIQUES

L'évaluation TIMSS Advanced de 2015 en mathématiques a mis en difficulté de nombreux élèves de terminale S. Leur score moyen à l'évaluation est de 463 points, correspondant à 38 % de réussite

moyenne aux 101 items du test. Parmi ces élèves, celles et ceux ayant déclaré vouloir s'orienter en CPGE scientifiques sont significativement plus performants. Leur score moyen est de 533 points (55 % de réussite). Ils seront appelés dans la suite de cette *Note d'information* « futurs CPGE scientifiques » car au moment de la passation du test,

1 - Score moyen en mathématiques selon le taux de couverture



Lecture : le taux de couverture correspond à la proportion des élèves ciblés par l'étude par rapport à l'effectif total de la cohorte de même âge. En France en 2015, le taux de couverture de nos élèves de CPGE scientifiques est de 2,6 %. Le score de ces élèves en mathématiques est de 591 points. En rouge le score des élèves d'âge moyen 19 ans, en vert le score des élèves d'âge moyen 18 ans.

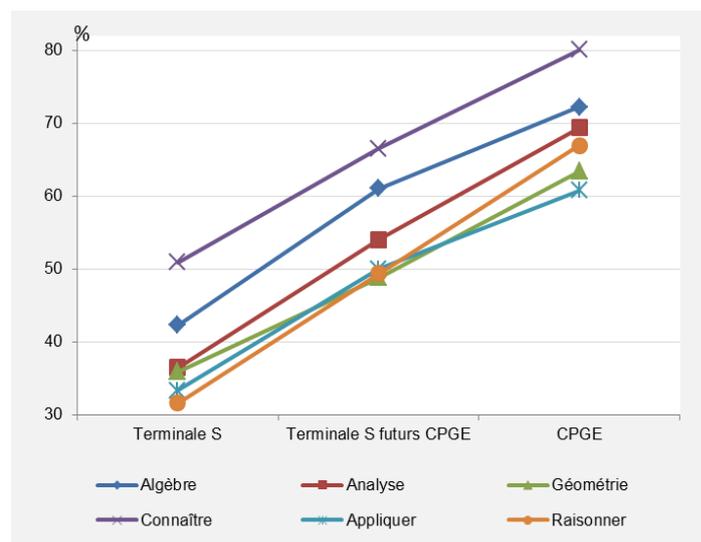
Source : TIMSS Advanced 2015, IEA/MEN-DEPP.

Réf. : Note d'information, n° 18.07. © DEPP

ce choix d'orientation est considéré comme définitif. Les élèves ayant suivi une année d'enseignement supplémentaire en CPGE scientifiques montrent un niveau de performance encore bien supérieur (591 points et 68 % de réussite). Ainsi, si les élèves de terminale S se destinant à une telle orientation sont déjà parmi les plus performants, ils le sont toutefois moins que ceux ayant suivi une année supplémentaire en CPGE scientifiques. Ces différences ne s'expliquent pas par une meilleure couverture curriculaire des connaissances en jeu dans les items de l'évaluation au profit des CPGE scientifiques. En effet, l'étude du contenu du test permet de constater que, parmi les 101 items qui composent l'évaluation TIMSS Advanced en mathématiques, seulement 8 sont hors programme en terminale S. Sur ces 8 items, 5 sont toujours hors programme pour les élèves de CPGE.

L'étude des taux de réussite moyens pour les trois populations comparées (terminale S, terminale S futurs CPGE et CPGE) dans les sous-domaines de l'évaluation TIMSS Advanced montre que tous les six sont mieux réussis par les élèves de CPGE ► **figure 2**. Déjà source de difficultés en terminale S, la géométrie est le domaine le moins bien maîtrisé en CPGE. La plus-value de l'année de CPGE est la plus faible pour le sous-domaine « Appliquer » et la plus élevée pour le sous-domaine « Raisonner ». L'item présenté dans l'encadré ci-dessous « **Exemple d'item de mathématiques** » illustre ce constat.

2 - Taux de réussite moyens aux items dans les sous-domaines de l'évaluation TIMSS Advanced en mathématiques



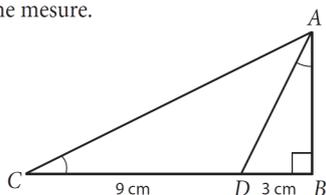
Lecture : le taux de réussite moyen des items du domaine « Raisonner » est de 32 % en terminale S, de 49 % pour les élèves de terminale S se destinant à une CPGE scientifique et de 67 % en CPGE scientifiques.

Source : TIMSS Advanced 2015, IEA/MEN-DEPP.

Réf. : Note d'information, n° 18.07. © DEPP

Exemple d'item de mathématiques

Dans la figure ci-dessous, ABC est un triangle rectangle et les angles \widehat{ACB} et \widehat{DAB} ont même mesure.



Si $CD = 9$ cm, et $DB = 3$ cm, déterminez la longueur AB .

© 2015 International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).

Publisher: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.

Les connaissances en jeu dans cet item relèvent de savoirs enseignés au collège et peu réinvestis au lycée : essentiellement la trigonométrie ou les triangles semblables.

Il figure parmi les items les moins bien réussis par les élèves de CPGE (37 %). Cependant, alors que les élèves de terminale S futurs CPGE ne le réussissent pas significativement mieux que les élèves de terminale S en général (respectivement 19 % et 16 %), la réussite est supérieure en CPGE ► **figure 3**. On peut donc supposer un effet positif de la première année de CPGE sur l'aptitude des élèves à résoudre un problème difficile, relevant de connaissances anciennes et souvent non disponibles chez les élèves de terminale S. La difficulté de cet item réside dans la nécessité d'adapter la situation dans le registre géométrique, par rotation et réflexion, afin de faire apparaître une configuration plus classique à la mise en œuvre de la trigonométrie ou des triangles semblables. L'étude des réponses des élèves à cet item montre une plus grande variété de procédures correctes chez les élèves de CPGE qu'en terminale S où seule l'utilisation de la tangente de l'angle aboutit à une réponse correcte.

C'est donc dans le raisonnement sous-tendant la résolution d'exercices complexes que les élèves de CPGE font la différence à cette évaluation, et non pas grâce à une gamme plus vaste de connaissances mathématiques pures.

3 - Taux de réussite à l'exemple d'item de mathématiques

Élèves	Pourcentage de bonnes réponses
France, terminale S	16%
France, futurs CPGE	19%
France, CPGE	37%
Moyenne internationale TIMSS Advanced	31%

Source : TIMSS Advanced 2015, IEA/MEN-DEPP.

Réf. : Note d'information, n° 18.07. © DEPP

EN PHYSIQUE, UNE ÉLITE QUI REJOINT LE GROUPE DES PAYS LES PLUS PERFORMANTS

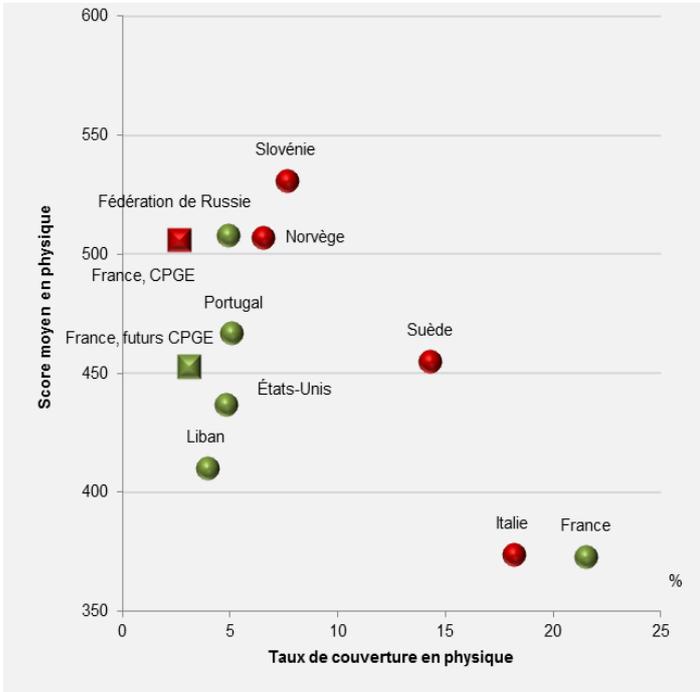
Les élèves de CPGE scientifiques ont obtenu un score moyen en physique de 506 points à l'évaluation TIMSS Advanced en 2015 ► **figure 4**. Ce score est comparable à celui des élèves norvégiens (507 points), mais inférieur à celui des élèves slovènes (531 points), pays pour lesquels la moyenne d'âge des élèves et les taux de couverture sont proches de ceux de la France. En revanche, à âge comparable, le score des élèves français est supérieur à celui des élèves italiens (374 points) et suédois (455 points), pays aux taux de couverture plus élevés.

La France est le pays participant à l'étude pour lequel le programme national de terminale S couvre le moins l'ensemble des contenus de physique défini pour l'évaluation TIMSS Advanced. Sur les 22 sujets que compte l'évaluation, seuls 15 sujets sont enseignés en France, notamment en « Mécanique et thermodynamique » (5/9), et « Électricité et magnétisme » (3/6). Les élèves de terminale S ont été mis en difficulté par un nombre non négligeable d'items du test TIMSS Advanced hors programme, obtenant un score global de 373 points correspondant à 34 % de réussite moyenne aux 101 items du test qui ont été pris en compte.

PLUS-VALUE DES ENSEIGNEMENTS EN CPGE EN PHYSIQUE DANS LE DOMAINE « APPLIQUER »

La réussite moyenne aux items de physique est de 54 % pour les élèves de CPGE. À titre de comparaison, celle des élèves de terminale S futurs CPGE s'élève à 44 %. En mécanique et thermodynamique, on observe une différence de 22 points entre les taux de réussite moyens des élèves de CPGE et ceux des élèves de terminale S ► **figure 5**. Cette différence est de 17,5 points pour les deux autres champs disciplinaires. Le cas de l'enseignement de la loi des gaz parfaits est en ce sens assez représentatif. Pour cette notion non enseignée en terminale S mais enseignée en première année de CPGE, les résultats montrent que 48 % des élèves français de CPGE produisent une réponse correcte. Ils rejoignent ici le groupe des élèves les plus performants.

4 Score moyen en physique selon le taux de couverture

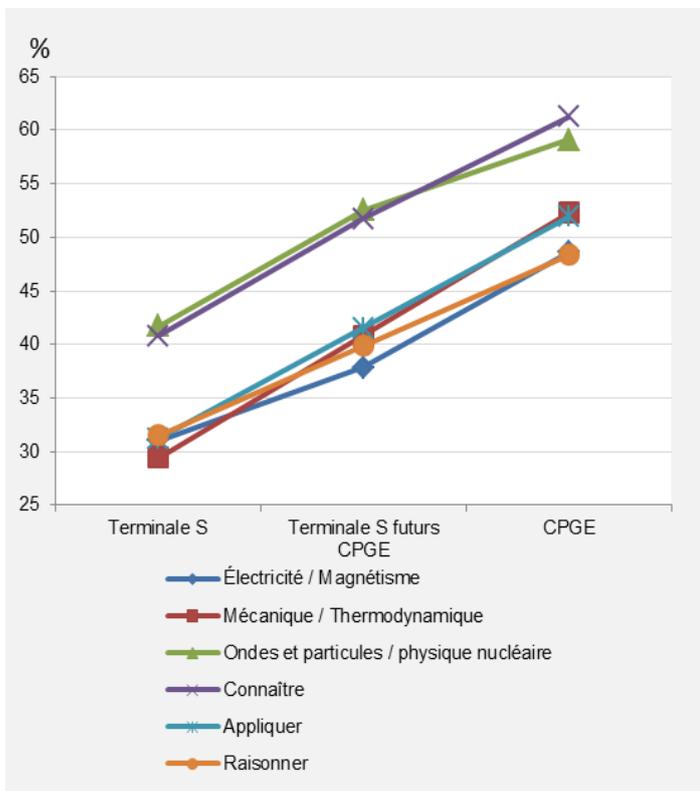


Lecture : le taux de couverture correspond à la proportion des élèves ciblés par l'étude par rapport à l'effectif total de la cohorte de même âge. En France en 2015, le taux de couverture de nos élèves de CPGE scientifiques est de 2,6 %. Le score de ces élèves est de 506 points. En rouge le score des élèves d'âge moyen 19 ans, en vert le score des élèves d'âge moyen 18 ans.

Source : TIMSS Advanced 2015, IEA/MEN-DEPP.

Réf. : Note d'information, n° 18.07. © DEPP

5 - Taux de réussite moyens aux items dans les sous-domaines de l'évaluation TIMSS Advanced en physique



Lecture : le taux de réussite moyen des items du domaine « Appliquer » est de 31 % parmi les élèves de terminale S, de 42 % parmi ceux se destinant à une CPGE scientifique et de 52 % parmi ceux inscrits en CPGE scientifiques.

Source : TIMSS Advanced 2015, IEA/MEN-DEPP.

Réf. : Note d'information, n° 18.07. © DEPP

On note des taux de réussite supérieurs dans tous les domaines cognitifs pour les élèves de CPGE. Pour les domaines « Appliquer » et « Connaître », on observe un écart similaire, de l'ordre de 10 points, entre l'ensemble des élèves de terminale S et les futurs CPGE scientifiques. Cette différence dépasse 20 points entre les élèves de terminale S et ceux des CPGE scientifiques. Pour le domaine « Raisonnement », la plus-value de l'année de CPGE par rapport à la terminale S apparaît moins marquée. L'analyse des réponses des élèves montre une meilleure technicité dans la réalisation des calculs demandés même dans le cas d'une relation non linéaire. Par exemple, à propos de la notion de gravitation où les élèves de CPGE scientifiques sont 80 % à produire une réponse correcte, ils sont seulement 29 % en terminale S. Mais, même pour ces élèves très performants, des notions de mécanique restent confuses, comme le prouve l'item présenté dans l'encadré ci-dessous « Exemple d'item de physique ».

Exemple d'item de physique

Sandrine lance une balle verticalement vers le haut comme représenté sur la figure ci-dessous. La balle quitte sa main au point 1 et s'élève jusqu'à une hauteur maximale au point 3. Le point 2 est à égale distance des points 1 et 3. La balle a une accélération égale à -10 m.s^{-2} au point 2.



A. Quelle est la valeur de l'accélération lorsque la balle se trouve au point 3 à l'instant entre son mouvement ascendant et son mouvement descendant ? La résistance de l'air est négligée.

- (A) 0 m.s^{-2}
- (B) $-\frac{10}{2} \text{ m.s}^{-2}$
- (C) $2(-10) \text{ m.s}^{-2}$
- (D) -10 m.s^{-2}

© 2015 International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).

Publisher: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.

Cet item illustre la confusion entre vitesse et accélération, persistante chez les élèves de CPGE où 60 % d'entre eux choisissent la réponse A.

Nous notons des résultats supérieurs à ceux des élèves de terminale S, ainsi qu'à ceux se destinant en 2015 à intégrer une CPGE scientifique. Mais ce résultat reste au niveau de la moyenne internationale et ne permet pas de rejoindre le groupe des pays les plus performants ► figure 6.

6 - Taux de réussite à l'exemple d'item de physique

Élèves	Pourcentage de bonnes réponses
France, terminale S	9%
France, futurs CPGE	18%
France, CPGE	34%
Moyenne internationale TIMSS Advanced	34%

Source : TIMSS Advanced 2015, IEA/MEN-DEPP.

Réf. : Note d'information, n° 18.07. © DEPP

DES FILLES BEAUCOUP MOINS NOMBREUSES ET MOINS PERFORMANTES QUE LES GARÇONS EN CPGE SCIENTIFIQUES

Alors qu'en vingt ans la population de terminale S a évolué vers plus de parité, passant de 37 filles pour 63 garçons en 1995 à 47 filles pour 53 garçons en 2015, la mixité des classes préparatoires scientifiques est encore loin d'être atteinte en 2015 avec un ratio de 25 filles pour 75 garçons.

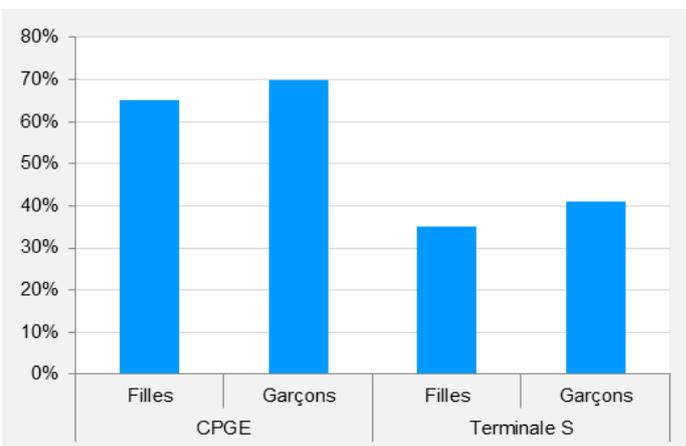
En termes de performance, l'étude en terminale S a montré de fortes différences entre filles et garçons, à l'avantage des garçons aussi bien en mathématiques qu'en physique. Alors que les filles sont moins nombreuses en CPGE scientifiques qu'en terminale S, on pourrait s'attendre à ce que l'écart se resserre entre performance moyenne des uns et des autres. Ce n'est pas le cas. Le taux moyen de réussite à l'ensemble des items est de 65 % pour les filles et de 70 % pour les garçons en mathématiques ► **figure 7** et de 50 % pour les filles et de 55 % pour les garçons en physique ► **figure 8**. L'écart constaté en terminale S est du même ordre.

POUR EN SAVOIR PLUS

la *Note d'information* 18.07 est en ligne sur education.gouv.fr/statistiques

- Pour accéder à la **figure 9**, voir la rubrique « Télécharger les données : tableaux et graphiques au format XLS ».
- LE CAM M., SALLES F., « Les performances des élèves de terminale S en mathématiques. Évolution sur vingt ans », *Note d'information*, n° 16.35, MENESR-DEPP, novembre 2016.
- EDOUARD S., LE CAM M., « Les performances des élèves de terminale S en physique. Évolution sur vingt ans », *Note d'information*, n° 16.34, MENESR-DEPP, novembre 2016.
- « Mathématiques : clefs de lecture des résultats TIMSS », *Éducation & formations*, n° 94, MEN-DEPP, septembre 2017.

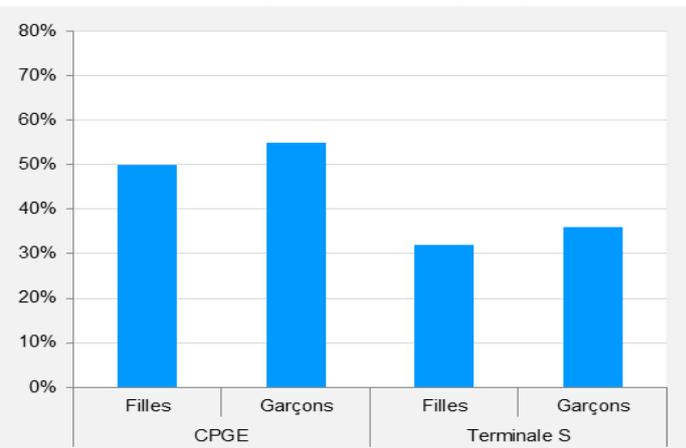
7 -Taux de réussite moyen aux items de mathématiques



Source : TIMSS Advanced 2015, IEA/MEN-DEPP.

Réf. : *Note d'information*, n° 18.07. © DEPP

8 -Taux de réussite moyen aux items de physique



Source : TIMSS Advanced 2015, IEA/MEN-DEPP.

Réf. : *Note d'information*, n° 18.07. © DEPP

Méthodologie

Justification du choix de l'échantillon additionnel

En 2015, la France a participé à l'étude TIMSS Advanced (*Trends in International Mathematics and Science Study* ou Étude de l'évolution des acquis internationaux en mathématiques et en sciences) qui évalue les connaissances des élèves en mathématiques et en physique à la fin de leur scolarité dans l'enseignement secondaire. Cette évaluation se fait sous l'égide de l'IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*). Les élèves ciblés se destinent à une poursuite d'études dans l'enseignement supérieur et à des carrières scientifiques, technologiques, d'ingénieurs ou de mathématiques (STEM). Or, parmi les neuf pays participant à TIMSS Advanced en 2015, les profils de ces populations varient selon leur âge moyen (18 ou 19 ans) et le nombre d'années d'enseignement (grades 11 à 13). La part des élèves ciblés dans la cohorte d'âge correspondant (taux de couverture) est donc variable selon les pays. ► **figure 9**, voir l'encadré ci-dessus « **POUR EN SAVOIR PLUS** ».

En France, les élèves de terminale dans la voie générale en série scientifique (terminale S) constituent la population cible de TIMSS Advanced et représentent 21,5 % de leur classe d'âge. En complément, des élèves en première année de classe préparatoire aux grandes écoles (CPGE) dans la filière scientifique des voies MPSI, PCSI et PTSI ont été testés. Ces élèves ont en moyenne 18,9 ans et ont suivi 13 années d'enseignement. Leur taux de couverture est de 2,6 %. La comparaison de leurs résultats avec ceux des élèves de terminale S permet d'approcher la plus-value de la première année de CPGE scientifiques.

Échantillon CPGE

L'évaluation TIMSS Advanced a été passée par un échantillon de 80 classes de CPGE scientifiques de 57 établissements. Dans chaque classe, la moitié des élèves participait à l'épreuve de mathématiques et l'autre moitié à l'épreuve de physique, soit au final 1 060 élèves ayant passé l'épreuve en mathématiques et 1 073 élèves ayant passé l'épreuve en physique, représentatifs des élèves de CPGE de France métropolitaine.

Procédures de passation

Cette évaluation standardisée est de type « papier-crayon ». Elle est fondée sur la technique des « cahiers tournants ». Pour cela, six cahiers différents en mathématiques et six cahiers différents en physique ont été constitués avec des parties communes.

Chaque élève dispose de 90 minutes pour répondre au cahier qui lui est attribué aléatoirement. Ce procédé permet de tester l'équivalent de 4,5 heures d'évaluation dans chaque discipline sans allonger le temps de passation individuel.

Codages

Les épreuves ont été codées par un groupe d'enseignants formés à cette tâche, en suivant des consignes internationales strictes. Les réponses des élèves de CPGE ont été codées par les mêmes correcteurs et dans les mêmes conditions que celles des élèves de terminale S. 10 % des réponses ont fait l'objet d'un double codage permettant de vérifier le degré d'accord inter-correcteur.