

Etude d'un MOOC

Sébastien Mertès

25 juin 2023

Table des matières

1. Principales variables utilisées	2
2. Proportions des types d'apprenants par itération	3
3. Test d'indépendance du χ^2 entre le genre et l'HDI	3
4. Modèle linéaire, tests non paramétriques	5
4.1 Tests statistiques entre le nombre de vidéos visionnées et le genre	5
4.2 Tests statistiques entre le nombre de vidéos visionnées et le nombre de quiz réalisés.	7
4.3 ANOVA sans interaction sur le nombre de vidéos selon le genre et l'HDI	9
4.4 ANOVA avec interactions sur le nombre de vidéos selon le genre et l'HDI	10
5. Régression logistique	11
5.1 Régression binomiale	11
5.2 Régression de Poisson	13

1. Principales variables utilisées

Les principales variables utilisées dans cette analyse sont listées dans le Tableau 1. Il s'agit d'un jeu de données résultant d'une base d'apprenants à un MOOC et d'une autre base indiquant leurs parcours d'apprentissage par le suivi ou non des vidéos et le passage des quiz, de l'examen ou de la certification du MOOC. La formation du MOOC s'étend sur 5 semaines. L'indication des vidéos consultées est donnée par les variables S1 à S5 correspondant au numéro de la semaine ainsi qu'aux quiz. Le passage ou non de la certification et de l'examen est donné par les variables Exam.bin et Certif.bin. Le genre de l'apprenant est donnée par la variable Gender ainsi que son HDI par la variable Country_HDI.

Variable	Type
Student_ID	int64
Gender	object
Country_HDI	object
Exam.bin	bool
Assignment.bin	int64
Quizz.1.bin	int64
Quizz.2.bin	int64
Quizz.3.bin	int64
Quizz.4.bin	int64
Quizz.5.bin	int64
S1.L1	int64
S1.L2	int64
S1.L3	int64
S1.L4	int64
S1.L5	int64
S1.L6	int64
S2.L1	int64
S2.L2	int64
S2.L3	int64
S2.L4	int64
S2.L5	int64
S2.L6	int64
S3.L1.1	int64
S3.L1.2	int64
S3.L2	int64
S3.L3	int64
S3.L4	int64
S3.L5	int64
S4.L1.1	int64
S4.L1.2	int64
S4.L2	int64
S4.L3	int64
S4.L4	int64
S4.L5	int64
S5.L1.1	int64
S5.L1.2	int64
S5.L2	int64
S5.L3	int64
S5.L4	int64
S5.L5	int64
Certif.bin	bool

TABLEAU 1 – Proportions des apprenants par type et par itération.

2. Proportions des types d'apprenants par itération

Le Tableau 2 montre la proportion de chacun des types d'apprenant par itération, auditing, bystander, completer et disengaging par itération. Cela en fonction du nombre de vidéos vues, de quiz réalisés et du passage de l'examen ou de la certification ou non.

Itération	Type	Total/type	Total/itération	Pct/Type
1	Auditing	1207	7965	15.2%
1	Bystander	4285	7965	53.8%
1	Completer	20	7965	0.3%
1	Disengaging	2453	7965	30.8%
2	Auditing	538	3702	14.5%
2	Bystander	2168	3702	58.6%
2	Completer	876	3702	23.7%
2	Disengaging	120	3702	3.2%
3	Auditing	375	3515	10.7%
3	Bystander	2238	3515	63.7%
3	Completer	832	3515	23.7%
3	Disengaging	70	3515	2.0%

TABLEAU 2 – Proportions des apprenants par type et par itération.

3. Test d'indépendance du χ^2 entre le genre et l'HDI

La Figure 1 représente les résidus du test d'indépendance fondé sur le χ^2 entre le genre et l'HDI, afin de déterminer si il y un lien entre l'Human Development Index et le genre (homme ou femme). Les cellules rouges indiquent que le modèle prédit (calculé) a sous-évalué la valeur observée puisque le résidu est positif. Et réciproquement, la couleur bleu indique un résidu négatif, indiquant que le modèle prédiction a sur-évalué la valeur observée.

Le Tableau 3 indique le tableau de contingence des fréquences observées entre les variables catégorielles genre et HDI. Chacune comprenant respectivement 2 et 3 modalités. C'est à partir des valeurs de ce tableau que nous pouvons appliquer le test du χ^2 et en déduire si les variables sont statistiquement indépendantes ou non.

	B	I	TH
Femme	147	233	2545
Homme	883	432	4711

TABLEAU 3 – Tableau de contingence du genre et de l'HDI.

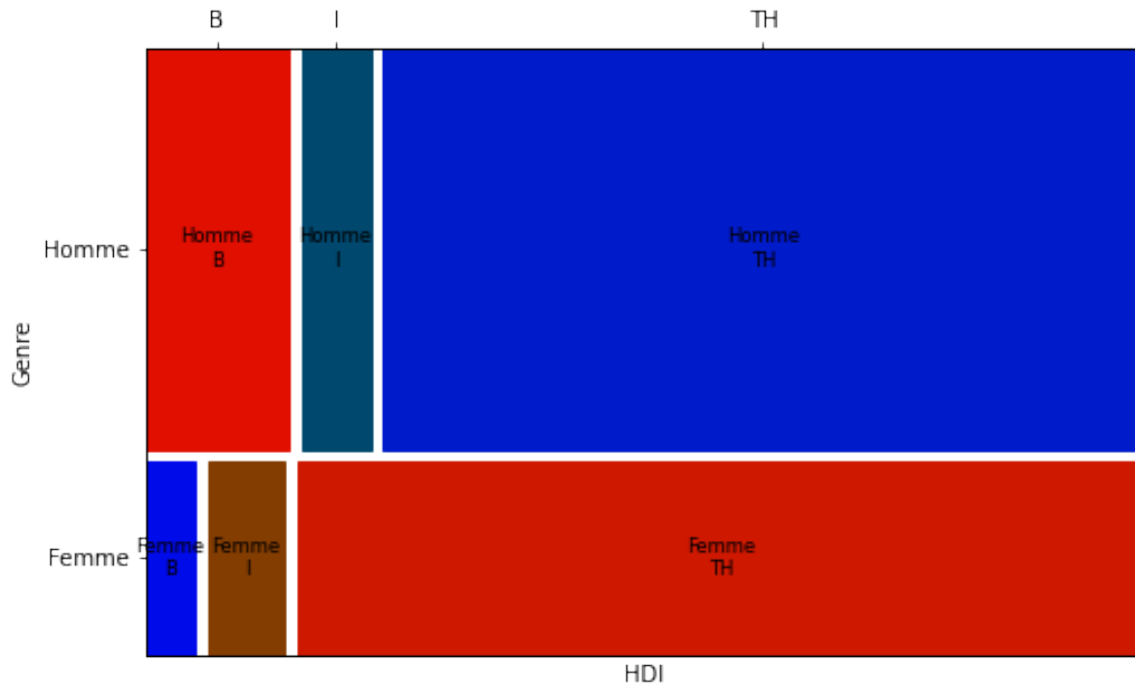


FIGURE 1 – Mosaic des résidus du test du χ^2

La Figure 2, représente les résidus du modèle observé par rapport au modèle de prédiction. Nous observons que les écarts des résidus sont assez éloignés de la droite horizontale faisant référence à des écarts nuls entre les valeurs observées et calculées. Nous pouvons observer que le modèle de prédiction est assez éloigné du modèle observé.



FIGURE 2 – Résidus du test du χ^2

La formule de Cramer ci-dessous, mesure la force de l'association entre deux variables catégorielles.

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \cdot (\min(r, c) - 1)}}$$

V représente le coefficient de Cramer, r est le nombre de modalités de la première variable et c est le nombre de modalités de la deuxième variable. Nous allons appliquer cette formule aux variables précédentes indiquant le genre et HDI. L'index HDI a 3 modalités (c) et le genre a 2 modalités (r), la valeur V est de 0,14. Le tableau 4, résume les valeurs statistiques du test du χ^2 et du V de Cramer.

χ^2	179.24
p-value	0
V-Cramer	0.14

TABEAU 4 – Valeurs du χ^2 et du V de Cramer.

La p-value étant anormalement très proche de zéro et le V de Cramer étant faible, ces valeurs confirmeraient que le modèle de prédiction n'est pas fidèle au modèle observé. En conséquence, en déduire que la dépendance entre le genre et l'index HDI est statistiquement significative (p-value < 5 %) et que celle-ci est très faible (V proche de 0), serait erronée. Nous pouvons donc envisager qu'il n'y a pas de lien entre le genre et l'index HDI. Cela confirmerait l'hypothèse d'indépendance de départ.

4. Modèle linéaire, tests non paramétriques

4.1 Tests statistiques entre le nombre de vidéos visionnées et le genre

Après l'index HDI, intéressons-nous aux nombres de vidéos vues par rapport au genre. Le figure 3 montre le nombre moyen de visionnage pour les femmes et les hommes. Son observation montrerait qu'en moyenne il y aurait une très faible différence entre les hommes et les femmes sur le nombre de vidéos vues.

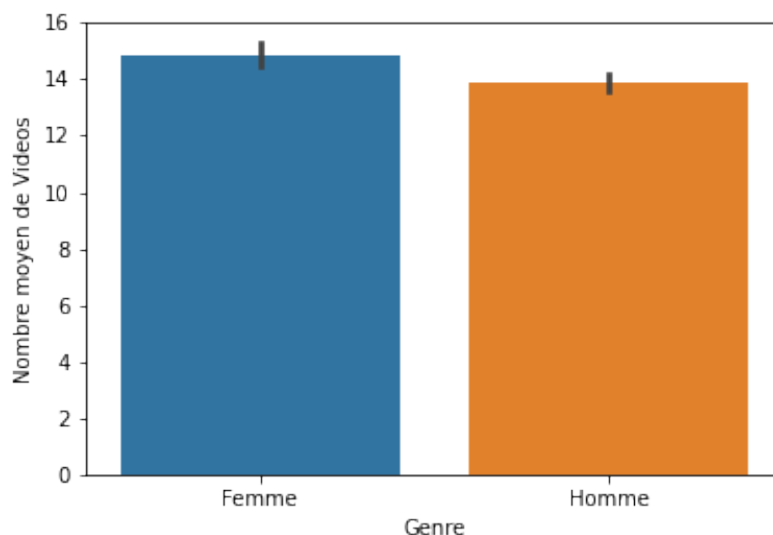


FIGURE 3 – Moyenne des vidéos vues par genre.

L'hypothèse de départ (H_0) est qu'il n'y a aucune différence sur le nombre de vidéos vues entre les hommes et les femmes. La figure 4, montre la distribution du nombre de vidéos vues par genre. Nous pouvons constater que la distribution des données ne ressemble pas à une distribution normale.



FIGURE 4 – Distribution du nombre de vidéos visionnées par genre.

La Figure 5, compare les quantiles de la distribution des vidéos des 2 modalités homme et femme afin de déterminer graphiquement si la distribution est normale. Nous observons également que la distribution observée ne suit pas la distribution théorique normale. Cela confirmerait l'hypothèse que la distribution observée n'est pas gaussienne.



FIGURE 5 – Normalité de la distribution du nombre de vidéos selon le genre.

La taille des échantillons étant conséquente nous pouvons appliquer le test de Kolmogorov-Smirnov (KS) pour vérifier la normalité des données. L'hypothèse de départ (H_0) est que la distribution est gaussienne. Le résultat de ce test donnant une valeur de 0 de la p-value, la normalité n'est pas statistiquement significative et conclure qu'il est fortement probable que celle-ci ne l'est pas. En conséquence des différents tests de normalité de la distribution des données du nombre de vidéos pour les 2

modalités homme et femme, il est indiqué de procéder à un test non paramétrique afin de déterminer si il y a une différence sur le nombre de vidéos visionnées entre hommes et femmes.

Le Tableau 5 affiche les valeurs du test non paramétrique de Mann-Whitney U. Les résultats, montreraient que l'hypothèse d'absence de différence entre le nombre de vidéos vues et le genre n'est pas statistiquement significatif ($p\text{-value} < 5\%$). Il existerait donc une différence sur le nombre de vidéos vues entre les hommes et les femmes.

Test Mann-Whitney U	
statistic	8200580.5
p-value	0

TABLEAU 5 – Test non paramétriques.

4.2 Tests statistiques entre le nombre de vidéos visionnées et le nombre de quiz réalisés.

Afin de déterminer quel test de corrélation il faut appliquer, il est nécessaire de savoir si les données suivent une distribution normale ou non. La Figure 6, montre que la distribution observée ne suit pas la distribution théorique normale en rouge. En l'absence de normalité de distribution, on utilisera un test de Spearman afin de tester la corrélation entre le nombre de vidéos visionnées et le nombre de quiz.



FIGURE 6 – Normalité de la distribution du nombre de vidéos selon le nombre de quiz.

Selon les résultats obtenus dans le Tableau 6 du test de Spearman, il y aurait une forte corrélation (0.8) entre le nombre de vidéos vues et le nombre de quiz réalisés par un étudiant. La corrélation observée est statistiquement significative ($p\text{-value}=0$).

Test de Spearman	
statistic	0.80
p-value	0

TABEAU 6 – Test de corrélation.

La Figure 7, représente le scatter plot des valeurs observées et le modèle de régression linéaire par la droite tracée en rouge entre le nombre de quiz effectués et le nombre de vidéos visionnées. Cependant, le modèle linéaire théorique extrapolerait un nombre de quiz bien supérieur à 10 au delà de 60 vidéos visionnées alors que la tendance des valeurs observées suggère un plafonnement du nombre de quiz à 10. La fonction linéaire ne serait pas le modèle le plus adapté en comparaison aux données réelles.

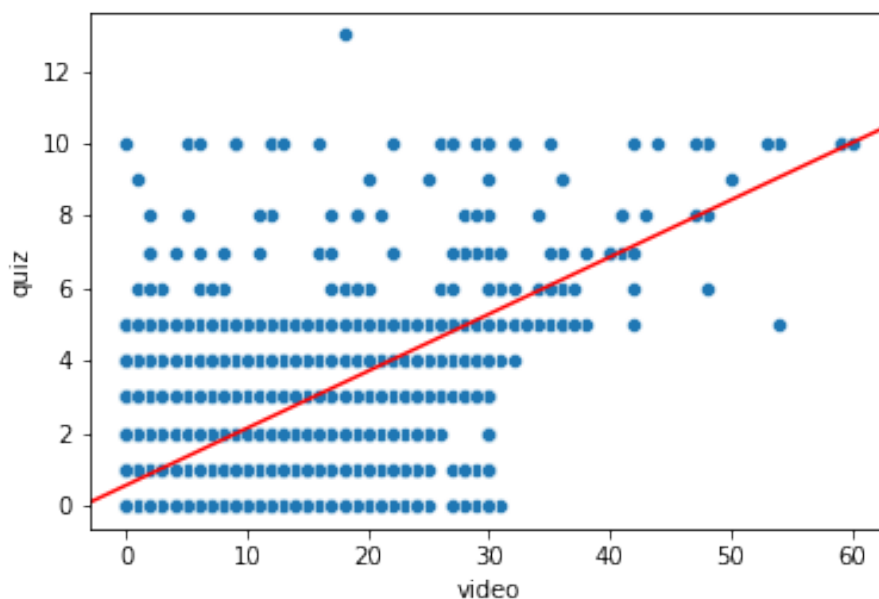


FIGURE 7 – valeurs observées (bleu) et modèle de régression linéaire (rouge).

Le Tableau 7 indique les résultats du modèle de régression linéaire de la variable dépendante quiz et de la variable explicative video. Le R^2 à 0.64, indiquerait que les valeurs prédites représenteraient 64% des valeurs observées. Selon les résultats du tableau 8, la p-value étant de 0, il y aurait statistiquement un lien sur le nombre de vidéos vues et le nombre de quiz effectués. Selon le modèle théorique, il y aurait presque 5 fois moins de quiz effectués que de nombre de vidéos visionnées.

Dep. Variable :	quiz	R-squared :	0.646
Model :	OLS	Adj. R-squared :	0.646
Method :	Least Squares	F-statistic :	2.653e+04
No. Observations :	14557	AIC :	4.997e+04
Df Residuals :	14555	BIC :	4.998e+04

TABEAU 7 – Résultats de modèle de régression linéaire (video vs squiz).

	coef	std err	t	p-value
Intercept	0.5652	0.014	39.183	0***
video	0.1575	0.001	162.896	0***

TABLEAU 8 – Modèle de régression-vidéo vs quiz.

4.3 ANOVA sans interaction sur le nombre de vidéos selon le genre et l'HDI

Dans le Tableau 9, le degrés de liberté (df) pour le genre est de 1 car la variable contient 2 modalités (homme et femme). En effet, une modalité de la variable est utilisée comme référence dans le modèle.

$$df = n[mod] - 1$$

Avec n représentant le nombre de modalités (mod) des variables, Genre et New_HDI. La variable Genre comporte 2 modalités (homme et femme) donc le df est de 1. La variable New_HDI comporte 3 modalités (TH, I, B), donc le df est de 2.

	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(Genre)	1	1554.89	1554.9	11.43	0***
C(New_HDI)	2	70714.83	35357.41	260.08	0***
Residual	8861.0	1204643	135.95		

TABLEAU 9 – Table d'ANOVA sans interaction - vidéo vs genre et HDI.

La sortie du modèle de régression du Tableau 10, décrit la relation statistique entre les variables explicatives, Genre et New_HDI avec la variable de réponse video. L'équation linéaire résultante du modèle de régression est de la forme :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

Avec :

Y = nombre de vidéos visionnées

$\beta_0 = 7.0011$

$\beta_1 = 0.0959, X_1 = \text{Genre}(\text{homme})$

$\beta_2 = 4.6774, X_2 = \text{New_HDI}(I)$

$\beta_3 = 8.6728, X_3 = \text{New_HDI}(TH)$

Le groupe des femmes et l'index B de l'HDI sont utilisés comme référence (intercept) dans le modèle. En effet, le coefficient β_0 correspond au nombre moyen de vidéos visionnées par les femmes dans la catégorie B. Les catégories TH (X_3) et I (X_2), sont comparées à l'index B. Ainsi, la différence sur le nombre moyen de vidéos vues est significativement indépendant (p-value de 72 %) des hommes (X_1) par rapport aux femmes des pays pauvres (HDI B), contrairement aux individus des pays moyennement et très développés (HDI I et TH) par rapport aux femmes des pays pauvres.

	coef	std err	t	p-value
Intercept	7.0011	0.432	16.211	0***
C(Genre)[T.Homme]	-0.0959	0.267	-0.360	0.719
C(New_HDI)[T.I]	4.6774	0.586	7.979	0***
C(New_HDI)[T.TH]	8.6728	0.395	21.937	0***

TABLEAU 10 – Modèle de régression-véo vs genre et HDI (sans interaction).

4.4 ANOVA avec interactions sur le nombre de vidéos selon le genre et l'HDI

Dans le Tableau 11, nous testons comment le fait d'être un homme vivant dans un pays moyennement ou très développé (HDI I ou TH) à un effet, par rapport aux femmes vivant dans les pays pauvres (HDI B), sur le nombre moyen de vidéos visionnées. La différence sur le nombre de vidéos vues par les hommes par rapport aux femmes est toujours significativement négligeable (p-value de 65%). Le nombre de vidéos visionnées dépend davantage ($t=8.5$) et très significativement ($p=0\%$) des pays très développés par rapport aux femmes des pays pauvres, contrairement au niveau développement des pays (HDI) dont la différence sur le nombre est moins significativement important (p-value de 2.5 %, $t=2.4$).

	coef	std err	t	p-value
Intercept	7.3310	0.968	7.573	0***
C(Genre)[T.Homme]	-0.4810	1.046	-0.460	0.646
C(New_HDI)[T.I]	2.7733	1.236	2.244	0.025*
C(New_HDI)[T.TH]	8.4673	0.995	8.506	0***
C(Genre)[T.Homme] :C(New_HDI)[T.I]	2.8032	1.415	1.982	0.048*
C(Genre)[T.Homme] :C(New_HDI)[T.TH]	0.1933	1.085	0.178	0.859

TABLEAU 11 – Modèle de régression-véo vs genre et HDI (avec interaction).

D'après le Tableau 12, nous observons que le niveau de développement d'un pays (HDI) a significativement ($p\text{-value}=0\%$) bien davantage d'influence ($F=260$) sur le nombre moyen de vidéos visionnées quelque soit le sexe. Nous remarquons également, que le nombre de vidéos vues varie statistiquement ($p=3\%$) faiblement ($t=3.5$) en fonction du niveau de développement du pays dans lequel les hommes et les femmes vivent.

	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(Genre)	1	1554.89	1554.89	11.44	0***
C(New_HDI)	2	70714.83	35357.41	260.22	0***
C(Genre) :C(New_HDI)	2	954.15	477.076535	3.511225	0.03*
Residual	8859	1203688	135.87		

TABLEAU 12 – Table d'ANOVA avec interaction - video vs genre et HDI.

5. Régression logistique

5.1 Régression binomiale

Nous allons maintenant utiliser une régression binomiale pour calculer les odds-ratios afin de déterminer qui, entre les hommes et femmes ainsi qu'entre les différents niveaux d'HDI, a davantage de chance de passer l'examen et/ou l'obtention de la certification dans les 3 versions du MOOC. Les résultats de cette régression sont retranscrits dans les tableaux 13 et 14. Ainsi, les individus de l'index HDI TH ont statistiquement et de manière très significative ($p\text{-value} < 0.5\%$), 3.5 fois plus de chances ($\text{odd-ratio} = 3.55$) de passer l'examen ou la certification que ceux des autres index avec un indice de confiance à 95 % ($CI = [1.959, 6.424]$). Cependant, nous remarquons sur les figures 9 à 10, que les intervalles de confiances sur toutes les catégories sont assez importants pour confirmer que le modèle binomiale est assez imprécis.

odds-ratio - CI (Intervalle de Confiance à 95%)			
	MOOC V1	MOOC V2	MOOC V3
Coef	Réf (homme - HDI B)		
Gender[T.femme]	621.667 [69.397, 6844.388]	2.326 [1.451, 3.721]	0.641 [0.374, 1.099]
HDI[T.I]	0 [0, inf]	2.383 [1.125, 5.04]	0.837 [0.367, 1.907]
HDI[T.TH]	417 [25.872, 8259.698]	3.549*** [1.959, 6.424]	0.658 [0.334, 1.297]

TABLEAU 13 – Examen/certification

P-value			
	MOOC V1	MOOC V2	MOOC V3
Coef	Réf (homme - HDI B)		
Gender[T.femme]	0.172	0.826	0.053
HDI[T.I]	0.999	0.849	0.813
HDI[T.TH]	0.767	0.004***	0.311

TABLEAU 14 – Examen/certification.

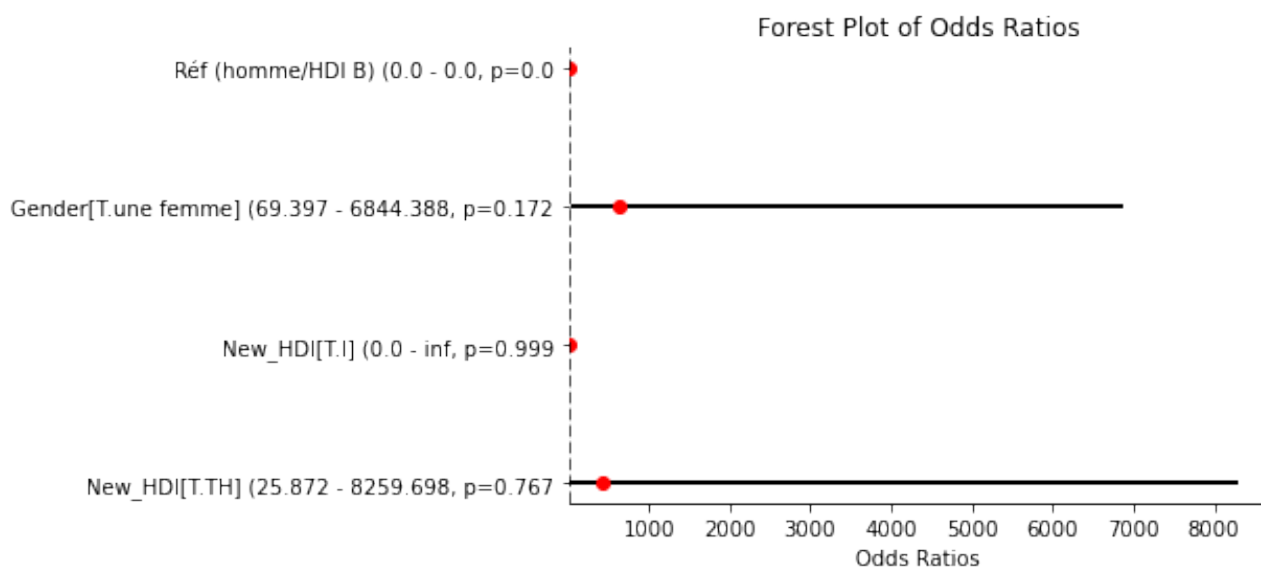


TABLEAU 15 – Examen selon le genre et HDI - MOOC V1.

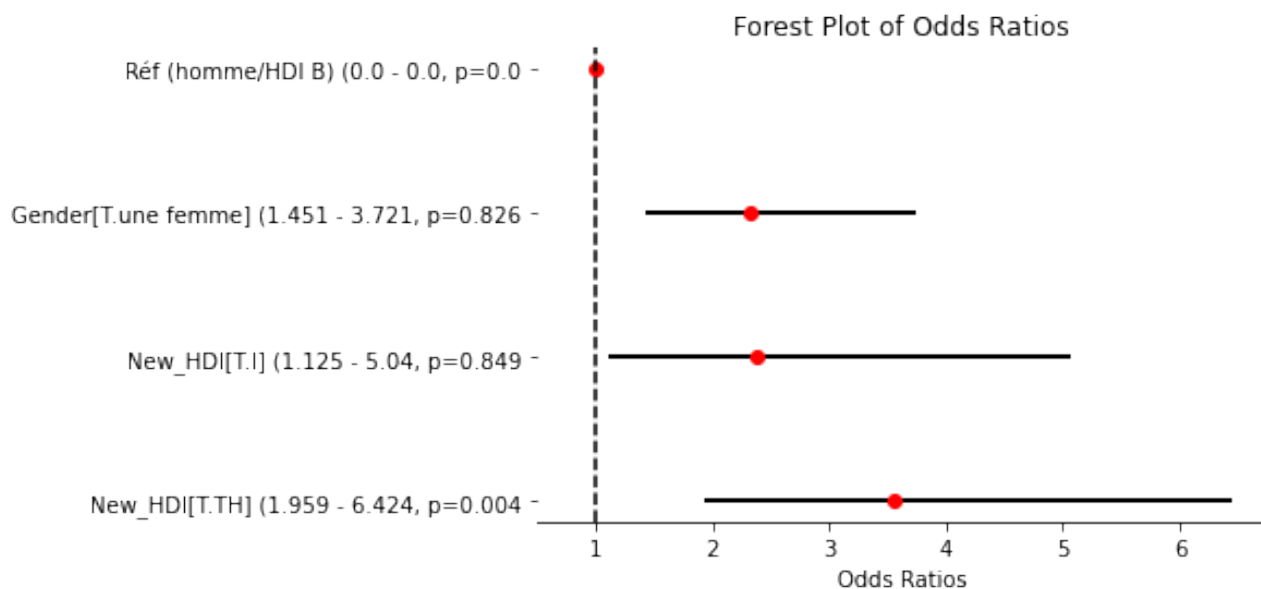
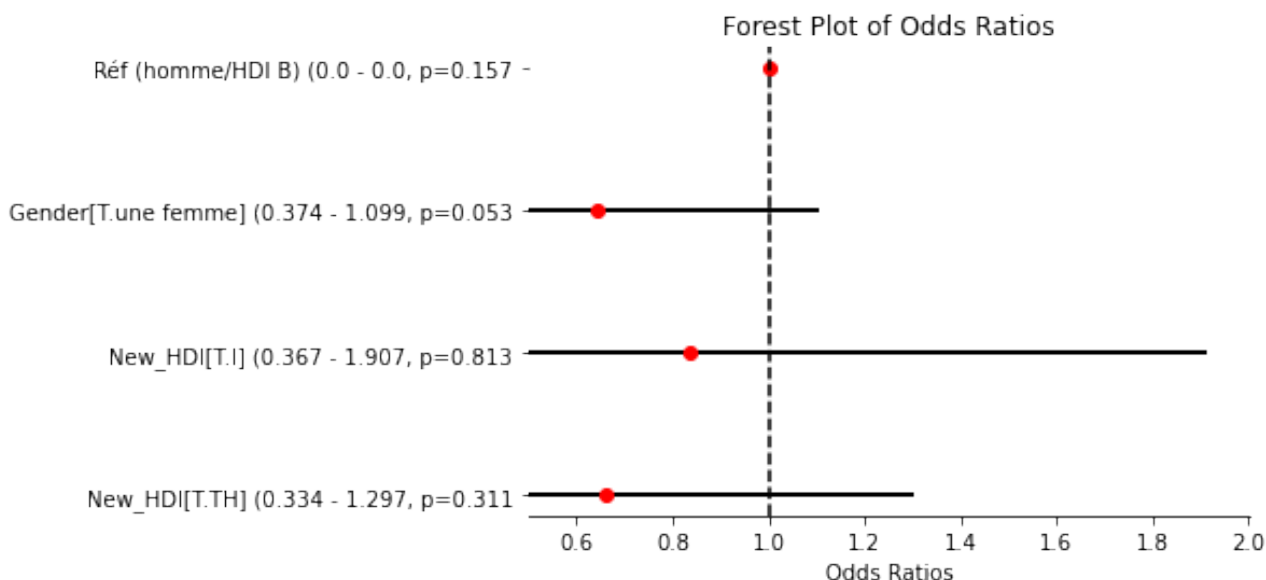


TABLEAU 16 – Examen selon le genre et HDI - MOOC V2.



TABEAU 17 – Examen selon le genre et HDI - MOOC V3.

5.2 Régression de Poisson

Nous avons observé plus haut, sur la Figure 4, la forme de la distribution du nombre de vidéos visionnées par apprenant selon leur genre. La figure 5 confirmerait que la distribution n'est pas normale. En effet, en observant l'homoscedasticité des erreurs par rapport au modèle théorique, nous nous apercevons que la dispersion (variance) des valeurs observées (en bleu) n'est pas uniforme autour des valeurs prédites (en rouge). Il serait donc inapproprié d'appliquer un modèle de régression linéaire comme la binomiale qui nécessite une distribution normale. Appliquons maintenant la régression de poisson permettant de comptabiliser statistiquement le nombre de vidéos vues par genre pour ce MOOC. La loi de poisson s'applique sur une distribution non gaussienne mais qui tendrait à l'être, comme celle que l'on observe sur la Figure 8. Nous observons sur cette figure les distribution du nombre de videos visionnées pour chaque version du MOOC. Les résultats de cette régression s'observe sur les Figures 9 à 11.

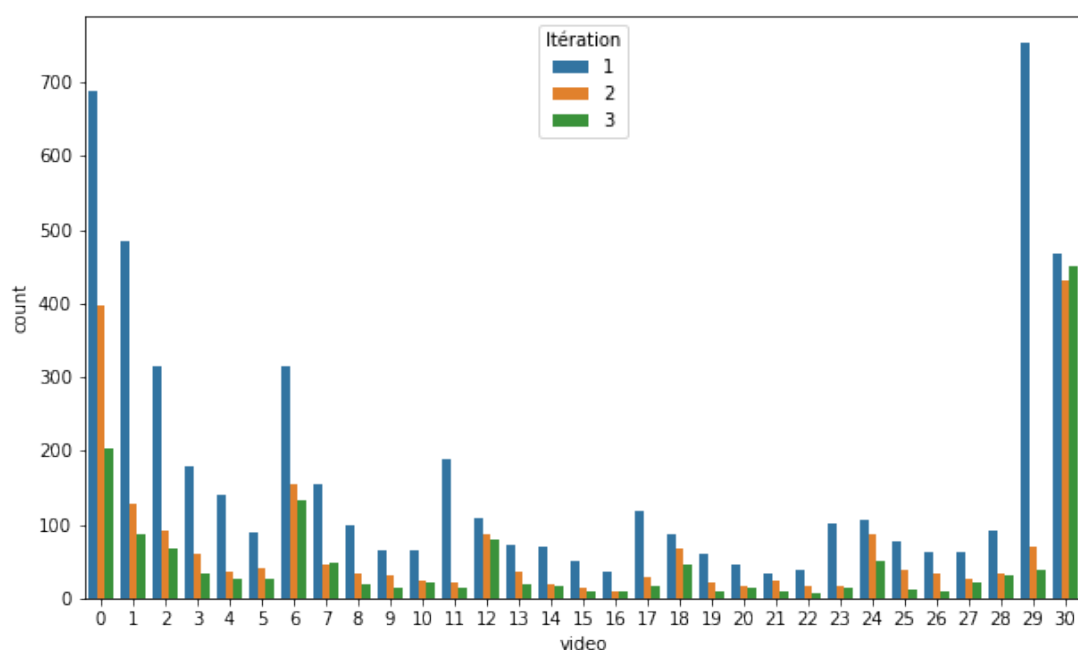


FIGURE 8 – Nombre de videos selon le genre et HDI - MOOC V1.

Variable	Coeff.	Std. Err.	z	P > z	[0.025	0.975]
Version 1						
Intercept	1.7510	0.016	108.332	0.000	1.719	1.783
C(Gender)[T.une femme]	0.0174	0.008	2.141	0.032	0.001	0.033
C(New_HDI)[T.I]	0.5791	0.022	25.947	0.000	0.535	0.623
C(New_HDI)[T.TH]	0.9467	0.017	56.696	0.000	0.914	0.979
Version 2						
Intercept	1.9673	0.025	77.827	0.000	1.918	2.017
C(Gender)[T.une femme]	0.0381	0.012	3.171	0.002	0.015	0.062
C(New_HDI)[T.I]	0.3552	0.037	9.716	0.000	0.284	0.427
C(New_HDI)[T.TH]	0.7163	0.026	27.515	0.000	0.665	0.767
Version 3						
Intercept	2.1441	0.029	75.004	0.000	2.088	2.200
C(Gender)[T.une femme]	-0.0484	0.013	-3.588	0.000	-0.075	-0.022
C(New_HDI)[T.I]	0.4085	0.039	10.518	0.000	0.332	0.485
C(New_HDI)[T.TH]	0.6808	0.029	23.080	0.000	0.623	0.739

TABLEAU 18 – Coefficients estimés de la régression logistique

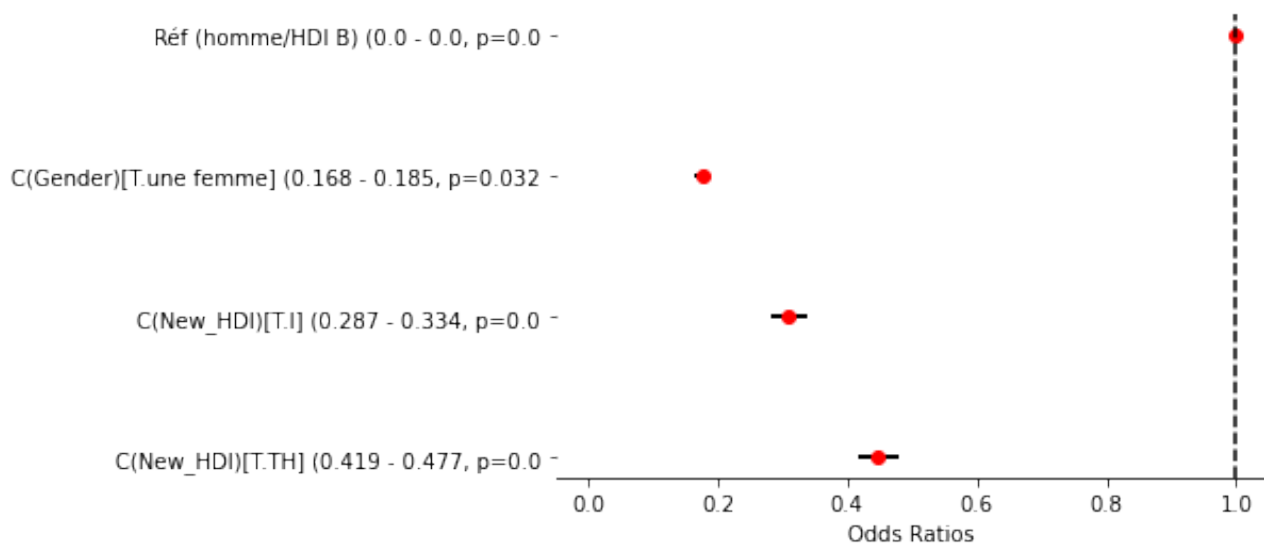


FIGURE 9 – Nombre de videos selon le genre et HDI - MOOC V1.

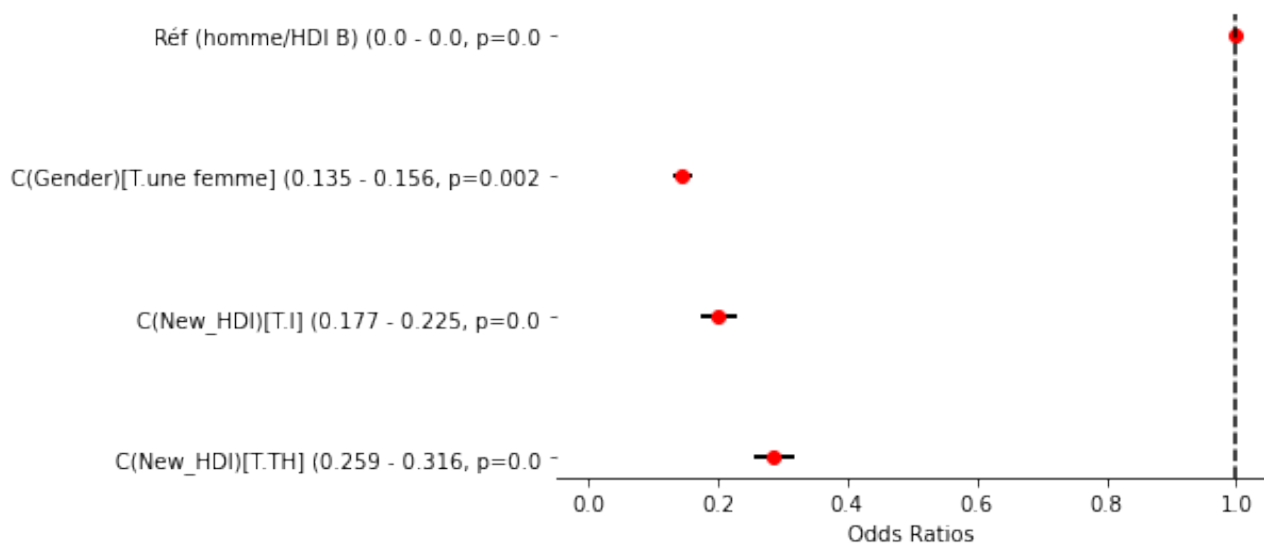


FIGURE 10 – Nombre de videos selon le genre et HDI - MOOC V2.

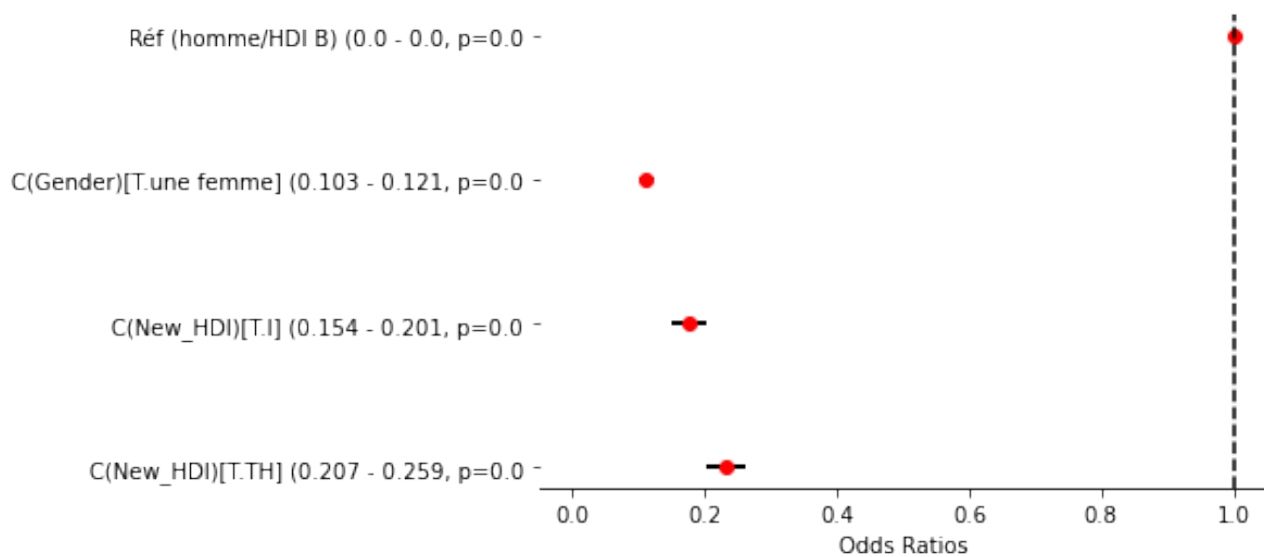


FIGURE 11 – Nombre de videos selon le genre et HDI - MOOC V3.