ANNEXE B

LE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ ET DU COEFFICIENT DE PARENTÉ

Le **coefficient de consanguinité** d'un individu P, $\mathbf{F_P}$, exprime le risque, ou probabilité, que les *deux gènes* de l'individu P, transmis, l'un par son père Y et l'autre par sa mère X, soient *identiques*.

Pour qu'un individu possède deux gènes identiques, son père et sa mère doivent être *apparentés par consanguinité en ligne collatérale*. C'est pourquoi le calcul du coefficient de consanguinité repose sur la connaissance, et de la (ou des) *souche*(s) de cet apparentement, et de la (ou des) *ligne*(s) *collatérale*(s) qui relie(nt) chaque souche au père et à la mère du probant. Par ailleurs, la *valeur* du coefficient de consanguinité dépend à la fois du nombre de souches communes au père et à la mère du probant, du nombre de lignes collatérales qui relient le père et la mère du probant à chaque souche et de ce que certaines souches puissent elles-mêmes être issues d'un père et d'une mère consanguins.

Le mode de calcul du coefficient de consanguinité est exposé à partir de quatre *situations-types* présentées par ordre de complexité croissante. La présentation de la notion jumelle de ***coefficient de parenté*** clôt la section. Dans chacune des situations-types, on suppose toujours, d'une part, que les souches ne sont pas apparentées, et, d'autre part, que les pères ou mères non représentés sur les lignes, de même que leurs ascendants, ne sont eux-mêmes, ni issus de consanguins, ni apparentés aux individus représentés.

B.1 LE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ DANS LA PREMIÈRE SITUATION-TYPE

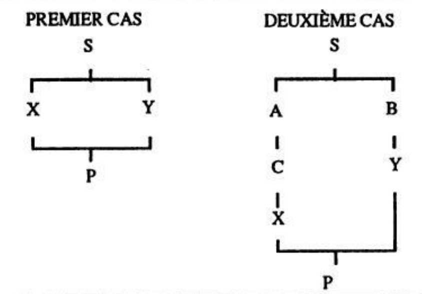
La description de la première situation-type précède celle du mode de calcul approprié.

B.1.1 LA PREMIÈRE SITUATION-TYPE

La première situation-type est représentée à la figure B.1:

— le père Y et la mère X du probant P ne descendent que d'*une seule souche* S,
— ils ne lui sont reliés que par *une seule ligne*,
— et cette souche n'est *pas* elle-même *issue* d'un père et d'une mère *consanguins*.

Figure B.1
Calcul du coefficient de consanguinité dans la première situation-type



B.1.2 MODE DE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ DANS LA PREMIÈRE SITUATION-TYPE

On sait (section 5.1.4.2, paragraphe 1) que chaque individu possède *deux gènes*, **G** *et* **g**, par caractère élémentaire, mais qu'il n'en *transmet* qu'*un seul* et *au hasard*. Par conséquent, la probabilité qu'un père ou qu'une mère transmette un gène particulier, **G** *ou* **g**, à son enfant est de ***1/2***.

B.1.2.1 PREMIER EXEMPLE DE CALCUL

Dans le cas où le probant P est issu de *l'union d'une sœur et d'un frère consanguins ou utérins* (figure B.1, premier cas), X et Y sont reliés à leur souche S par la ligne unique XSY.

Si le génotype de la souche S est **Gg**,

— la probabilité que S transmette le gène **G** à son enfant X est de 1/2,
— la probabilité que S transmette le gène **G** à son enfant Y est de 1/2,
— la probabilité que X transmette le gène **G** à son enfant P est de 1/2,
— et la probabilité que Y transmette le gène **G** à son enfant P est de 1/2,

de sorte que la probabilité que P ait reçu de son père Y et de sa mère X deux gènes identiques **GG** est de $(1/2)^4 = 1/16$ ou 0,063.

Par ailleurs,

— la probabilité que S transmette le gène **g** à son enfant X est de 1/2,

— la probabilité que S transmette le gène **g** à son enfant Y est de 1/2,

— la probabilité que X transmette le gène **g** à son enfant P est de 1/2,

— et la probabilité que Y transmette le gène **g** à son enfant P est de 1/2,

de sorte que la probabilité que P ait reçu de son père Y et de sa mère X deux gènes identiques **gg** est de $(1/2)^4 = 1/16$ ou 0,063.

Par conséquent, la probabilité que P ait reçu de son père Y et de sa mère X deux gènes identiques **GG** *ou* **gg** est de $(1/2)^4 + (1/2)^4 = 1/16 + 1/16 = 1/8$ ou 0,125.

B.1.2.2 DEUXIÈME EXEMPLE DE CALCUL

Dans le cas où le probant P est issu de *l'union d'une tante à la mode de Bretagne et d'un neveu à la mode de Bretagne* descendant d'une fratrie consanguine ou utérine (figure B.1, deuxième cas), X et Y sont reliés à leur souche S par la ligne unique XCASBY.

Si le génotype de la souche S est **Gg**,

— la probabilité que S transmette le gène **G** à son enfant A est de 1/2,

— la probabilité que A transmette le gène **G** à son enfant C est de 1/2,

— la probabilité que C transmette le gène **G** à son enfant X est de 1/2,

— et la probabilité que X transmette le gène **G** à son enfant P est de 1/2,

tandis que

— la probabilité que S transmette le gène **G** à son enfant B est de 1/2,

— la probabilité que B transmette le gène **G** à son enfant Y est de 1/2,

— et la probabilité que Y transmette le gène **G** à son enfant P est de 1/2,

de sorte que la probabilité que P ait reçu de son père Y et de sa mère X deux gènes identiques **GG** est de $(1/2)^7 = 1/128$ ou 0,008.

Par ailleurs,

— la probabilité que S transmette le gène **g** à son enfant A est de 1/2,

— la probabilité que A transmette le gène **g** à son enfant C est de 1/2,

— la probabilité que C transmette le gène **g** à son enfant X est de 1/2,

— et la probabilité que X transmette le gène **g** à son enfant P est de 1/2,

tandis que

— la probabilité que S transmette le gène **g** à son enfant B est de 1/2,

— la probabilité que B transmette le gène **g** à son enfant Y est de 1/2,

— et la probabilité que Y transmette le gène **g** à son enfant P est de 1/2, de sorte que la probabilité que P ait reçu de son père Y et de sa mère X deux gènes identiques **gg** est de $(1/2)^7 = 1/128$ ou 0,008.

Par conséquent, la probabilité que P ait reçu de son père Y et de sa mère X deux gènes identiques **GG** *ou* **gg** est de $(1/2)^7 + (1/2)^7 = 1/128 + 1/128 = 1/64$ ou 0,016.

B.1.2.3 LA FORMULE GÉNÉRALE DE CALCUL

De façon générale,

— si le père Y et la mère X du probant P ne descendent que d'*une seule souche* S,

— s'ils ne lui sont reliés que par *une seule ligne*,

— et si cette souche n'est *pas* elle-même *issue* d'un père et d'une mère *consanguins*,

le coefficient de consanguinité de l'individu P se calcule par la formule

$$\mathbf{F_P = (1/2)^N}$$

où *N* est le *nombre d'individus* situés sur la ligne collatérale reliant le père et la mère du probant, ceux-ci compris.

Ainsi,

— dans le premier cas de la figure B.1, X et Y sont reliés à leur souche S par la ligne unique XSY, qui compte 3 individus, de sorte que $F_P = (1/2)^3 = 1/8$ ou 0,125;

— et dans le deuxième cas de la figure B.1, X et Y sont reliés à leur souche S par la ligne unique XCASBY, qui compte 6 individus, de sorte que $F_P = (1/2)^6 = 1/64$ ou 0,016.

On interprète aussi l'exposant N en termes de *degrés* ou de *générations* plutôt que d'individus. Dans cette perspective,

$\mathbf{N = n_x + n_y + 1 = n + 1}$, où

— n_x est le nombre de degrés ou de générations séparant la mère X du probant de la souche,

— n_y est le nombre de degrés ou de générations séparant le père Y du probant de la souche,

— et $n = n_x + n_y$ est le nombre de degrés civils (section 1.4.1.2) séparant le père Y et la mère X du probant de la souche.

Ainsi,

— dans le premier cas de la figure B.1, $n_x = 1$, $n_y = 1$ et $n = 2$,
de sorte que $F_P = (1/2)^{1+1+1} = (1/2)^{2+1} = (1/2)^3 = 1/8$ ou 0,125;

— et dans le deuxième cas de la figure B.1, $n_x = 3$, $n_y = 2$ et $n = 5$,
de sorte que $F_P = (1/2)^{3+2+1} = (1/2)^{5+1} = (1/2)^6 = 1/64$ ou 0,016.

Le tableau B.1 énumère les valeurs du coefficient de consanguinité correspondant à certaines relations de parenté entre le père et la mère du probant. Il distingue le cas où la fratrie à l'origine de la parenté par consanguinité a une seule souche, le père (fratrie consanguine) *ou* la mère (fratrie utérine), et le cas où cette fratrie a deux souches, le père *et* la mère (fratrie germaine) (figure B.2, premier cas et deuxième cas). On y remarque notamment que l'union d'un demi-frère et de sa demi-sœur n'est pas plus consanguine que celle de l'oncle et de la fille d'une sœur ou d'un frère germain de cet oncle.

Par conséquent, en tant que mesure de la parenté par consanguinité, le coefficient de consanguinité est *plus précis que le mode de calcul juridique* (section 1.4), puisqu'il distingue l'apparentement résultant d'une souche-individu de l'apparentement résultant d'une souche-couple.

B.2 LE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ DANS LA DEUXIÈME SITUATION-TYPE

La description de la deuxième situation-type précède celle du mode de calcul approprié.

B.2.1 LA DEUXIÈME SITUATION-TYPE

La deuxième situation-type est représentée à la figure B.2:

— le père Y et la mère X du probant P descendent de *plus d'une souche* S,

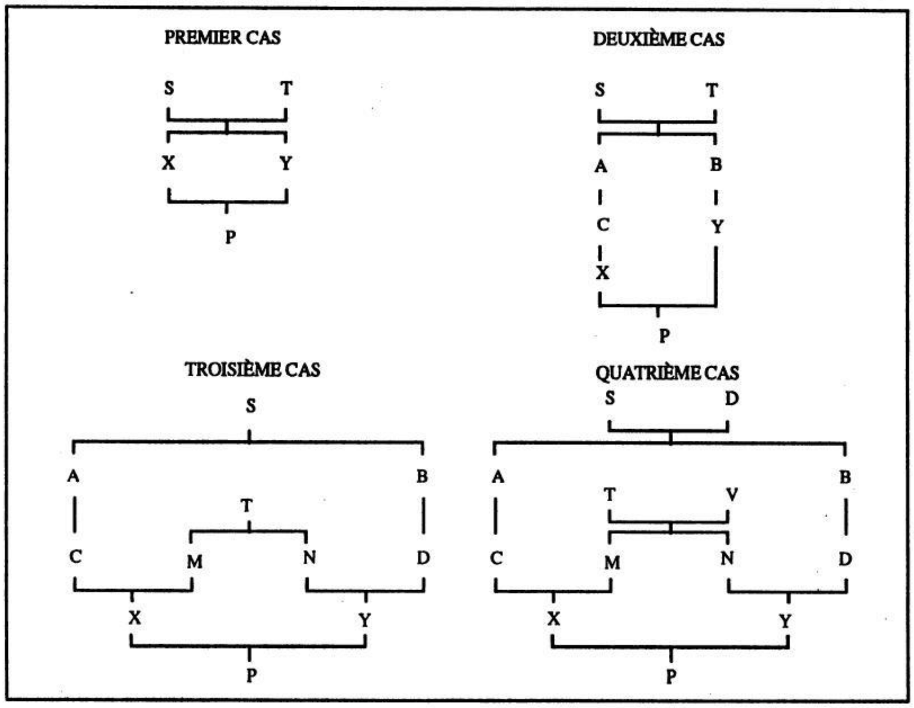
— ils ne lui sont reliés que par *une seule ligne*,

— et ces souches ne sont *pas* elles-mêmes *issues* d'un père et d'une mère *consanguins*.

Tableau B.1
Valeurs du coefficient de consanguinité correspondant à certaines relations de parenté entre le père la mère du probant

relation de parenté entre le père et la mère	mesure en degrés civils	canoniques	coefficient de consanguinité $F_P = (1/2)^N$	$F_P = 2(1/2)^N$
frère et sœur	2	1 au 1	N = 3, F_P = 1/8 ou 0,125	N = 3, F_P = 1/4 ou 0,250
oncle et nièce	3	1 au 2	N = 4, F_P = 1/16 ou 0,063	N = 4, F_P = 1/8 ou 0,125
cousins germains	4	2 au 2	N = 5, F_P = 1/32 ou 0,032	N = 5, F_P = 1/16 ou 0,063
tante et neveu à la mode de Bretagne	5	2 au 3	N = 6, F_P = 1/64 ou 0,016	N = 6, F_P = 1/32 ou 0,032
cousins issus de germains	6	3 au 3	N = 7, F_P = 1/128 ou 0,008	N = 7, F_P = 1/64 ou 0,016

Figure B.2
Calcul du coefficient de consanguinité dans la deuxième situation-type



B.2.2 MODE DE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ DANS LA DEUXIÈME SITUATION-TYPE

B.2.2.1 PREMIER EXEMPLE DE CALCUL

Dans le cas où le probant P est issu de *l'union d'une sœur et d'un frère germains* (figure B.2, premier cas), X et Y sont reliés à leur souche S par la ligne unique **XSY** et à leur souche T par la ligne unique **XTY**.

Si le génotype de la première souche S est **Gg** et si le génotype de la deuxième souche T est **Hh**, la probabilité que le probant P ait reçu de son père Y et de sa mère X

— deux gènes identiques **GG** est de $(1/2)^4 = 1/16$,

— deux gènes identiques **gg** est de $(1/2)^4 = 1/16$,

— deux gènes identiques **HH** est de $(1/2)^4 = 1/16$,

— et deux gènes identiques **hh** est de $(1/2)^4 = 1/16$,

de sorte que la probabilité que P ait reçu de son père Y et de sa mère X deux gènes identiques **GG** *ou* **gg** *ou* **HH** *ou* **hh** est de $4 \times (1/2)^4 = 4(1/16) = 1/4$ ou 0,250.

B.2.2.2 DEUXIÈME EXEMPLE DE CALCUL

Dans le cas où le probant P est issu de *l'union d'une tante à la mode de Bretagne et d'un neveu à la mode de Bretagne* descendant d'une fratrie germaine (figure B.2, deuxième cas), X et Y sont reliés à leur souche S par la ligne unique XCASBY et à leur souche T par la ligne unique XCATBY.

Si le génotype de la première souche S est **Gg** et si le génotype de la deuxième souche T est **Hh**, la probabilité que le probant P ait reçu de son père Y et de sa mère X

— deux gènes identiques **GG** est de $(1/2)^7 = 1/128$,

— deux gènes identiques **gg** est de $(1/2)^7 = 1/128$,

— deux gènes identiques **HH** est de $(1/2)^7 = 1/128$,

— et deux gènes identiques **hh** est de $(1/2)^7 = 1/128$,

de sorte que la probabilité que P ait reçu de son père Y et de sa mère X deux gènes identiques **GG** *ou* **gg** *ou* **HH** *ou* **hh** est de $4 \times (1/2)^7 = 4(1/128) = 1/32$ ou 0,033.

La situation illustrée par ce cas correspond au coefficient de consanguinité de Joseph Turcot, descendant de Martin Boulet et de Louise Lemieux, père et mère d'Isidore Boulet de Véronique Boulet (tableau 3.6 et figure 3.2).

B.2.2.3 LA FORMULE GÉNÉRALE DE CALCUL

De façon générale,

— si le père Y et la mère X du probant P ont *plus d'une souche*,

— s'ils ne lui sont reliés que par *une seule ligne*,

— et si ces souches ne sont *pas* elles-mêmes *issues* d'un père et d'une mère *consanguins*,

le coefficient de consanguinité de l'individu P se calcule par la formule

$$\mathbf{F_P = \sum S\ (1/2)^N}$$

où $\sum S$ signifie l'*addition de chaque ligne unique* reliant le père et la mère du probant à ces souches.

Ainsi,

— dans le premier cas de la figure B.2, X et Y ont deux souches, S et T, auxquelles ils sont reliés respectivement par les lignes uniques XSY et XTY, qui comptent l'une et

l'autre trois individus,
de sorte que $F_P = (1/2)^3 + (1/2)^3 = 1/8 + 1/8 = 1/4$ ou 0,250;

— dans le deuxième cas de la figure B.2, X et Y ont deux souches, S et T, auxquelles ils sont reliés respectivement par les lignes uniques XCASBY et XCATBY, qui comptent l'une et l'autre six individus,
de sorte que $F_P = (1/2)^6 + (1/2)^6 = 1/64 + 1/64 = 1/32$ ou 0,033;

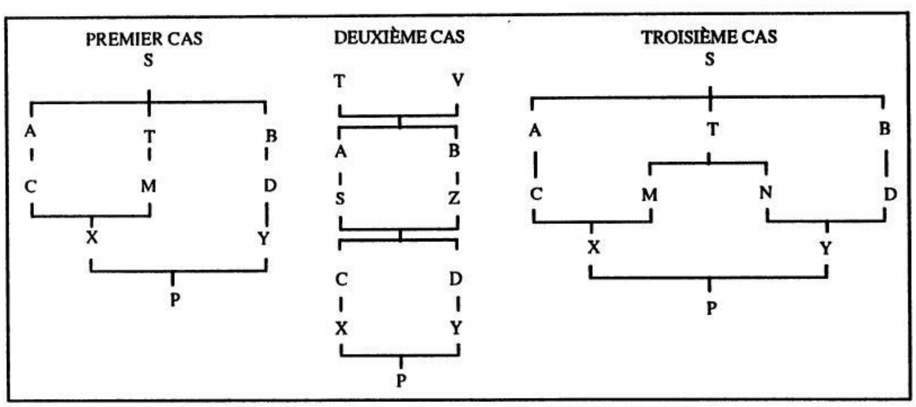
— dans le troisième cas de la figure B.2, X et Y, qui sont à la fois cousins germains et cousins issus de germains, ont deux souches, S et T, auxquelles ils sont reliés respectivement par les lignes uniques XCASBDY et XMTNY, qui comptent, l'une sept individus et l'autre cinq individus,
de sorte que $F_P = (1/2)^7 + (1/2)^5 = 1/128 + 1/32 = 5/128$ ou 0,039;

— et dans le quatrième cas de la figure B.2, X et Y, qui sont à la fois cousins germains et cousins issus de germains, ont quatre souches, S et T, d'une part, et Z et V, d'autre part, auxquelles ils sont reliés respectivement par les lignes uniques XCASBDY, XMTNY, XCAZBDY et XMVNY,
de sorte que $F_P = 2 \times (1/2)^7 + 2 \times (1/2)^5 = 2(1/128) + 2(1/32) = 5/64$ ou 0,078.

B.3 LE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ DANS LA TROISIÈME SITUATION-TYPE

La description de la troisième situation-type précède celle du mode de calcul approprié.

Figure B.3
Calcul du coefficient de consanguinité dans la troisième situation-type



B.3.1 LA TROISIÈME SITUATION-TYPE

La troisième situation-type est représentée à la figure B.3:

— le père Y et la mère X du probant P descendent d'*une seule ou de plus d'une souche*,

— ils leur sont reliés par *plus d'une ligne*,

— et ces souches ne sont *pas* elles-mêmes *issues* d'un père et d'une mère *consanguins*.

B.3.2 MODE DE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ DANS LA TROISIÈME SITUATION-TYPE

B.3.2.1 LA FORMULE GÉNÉRALE DE CALCUL

De façon générale,

— si le père Y et la mère X du probant P descendent d'*une seule ou plus d'une souche*,

— s'ils leur sont reliés par *plus d'une ligne*,

— et si ces souches ne sont *pas* elles-mêmes *issues* d'un père et d'une mère *consanguins*,

le coefficient de consanguinité de l'individu P se calcule par la formule

$$\mathbf{F_P = \sum S\ (1/2)^N}$$

où $\sum S$ signifie l'*addition de toutes les lignes* reliant le père et la mère du probant à ces souches.

Ainsi,

— dans le premier cas de la figure B.3, X et Y ont une seule souche S à laquelle ils sont reliés par les deux lignes XCASBDY et XMTSBDY, qui comptent l'une et l'autre sept individus,
de sorte que $F_P = (1/2)^7 + (1/2)^7 = 1/128 + 1/128 = 1/64$ ou 0,016;

— dans le deuxième cas de la figure B.3, X et Y ont quatre souches, S et Z, puis T et V;
- ils sont reliés à S et à Z par les lignes uniques XCSDY et XCZDY, qui comptent l'une et l'autre cinq individus,
- ils sont reliés à T par les deux lignes XCSATBZDY et XCZBTASDY, qui comptent l'une et l'autre neuf individus,
- et ils sont reliés à V par les deux lignes XCSAVBZDY et XCZBVASDY, qui comptent l'une et l'autre neuf individus,

de sorte que $F_P = 2 \times (1/2)^5 + 2 \times (1/2)^9 + 2 \times (1/2)^9$
$= 2 \times (1/32) + 2 \times (1/512) + 2 \times (1/512) = 9/128$ ou 0,070;

— et dans le troisième cas de la figure B.3, X et Y ont deux souches, S et T,
- ils sont reliés à T par la ligne unique XMTNY, qui compte cinq individus,
- et ils sont reliés à S par les quatre lignes XCASBDY, XMTSBDY, XCASTNY et SMTSTNY, qui comptent chacune sept individus,

de sorte que $F_P = (1/2)^5 + 4 \times (1/2)^7 = (1/32) + 4 \times (1/128) = 1/16$ ou 0,063.

Lorsque s'élève le nombre de lignes collatérales reliant X et Y par leur souche S, *le comptage et la description des lignes* sont facilités en observant que

$$\mathbf{L_c = L_x L_y - L_d}$$

c'est-à-dire que $\mathbf{L_c}$, le nombre de lignes collatérales reliant X et Y par S, est égal au produit de $\mathbf{L_x}$, le nombre de lignes directes reliant X à S, et de $\mathbf{L_y}$, le nombre de lignes directes reliant Y à S, diminué de $\mathbf{L_d}$, le nombre de combinaisons deux à deux de lignes directes L_x et L_y superposées en partie ou en entier dans la ligne collatérale qu'elles constituent.

Ainsi,

— dans le premier cas de la figure B.3,
 - X est relié à S par deux lignes directes: XCA**S** et XMT**S**,
 - et Y est relié à S par une seule ligne directe: YDB**S**,
 de sorte que X et Y sont reliés par S par deux lignes collatérales: XCA**S**BDY et XMT**S**BDY;
— dans le deuxième cas de la figure B.3,
 - X est relié à T par deux lignes directes: XCSA**T** et XCZB**T**,
 - et Y est relié à T par deux lignes directes: YDSA**T** et YDZB**T**;
 mais des quatre combinaisons deux à deux de lignes directes L_x et L_y: XCSA**T**ASDY, XCSA**T**BZDY, XCZB**T**ASDY et CZB**T**BZDY,
 - la première et la quatrième lignes collatérales superposent en partie les deux lignes directes constituantes,
 - de sorte que X et Y ne sont reliés par T que par deux lignes collatérales: XCSA**T**BZDY et XCZB**T**ASDY;
— et dans le troisième cas de la figure B.3,
 - X est relié à S par deux lignes directes: XCA**S** et XMT**S**,
 - et Y est relié à S par deux lignes directes: YNT**S** et YDB**S**,
 de sorte que X et Y sont reliés par S par quatre lignes collatérales: XCA**S**TNY, XCA**S**BDY, XMT**S**TNY et XMT**S**BDY.

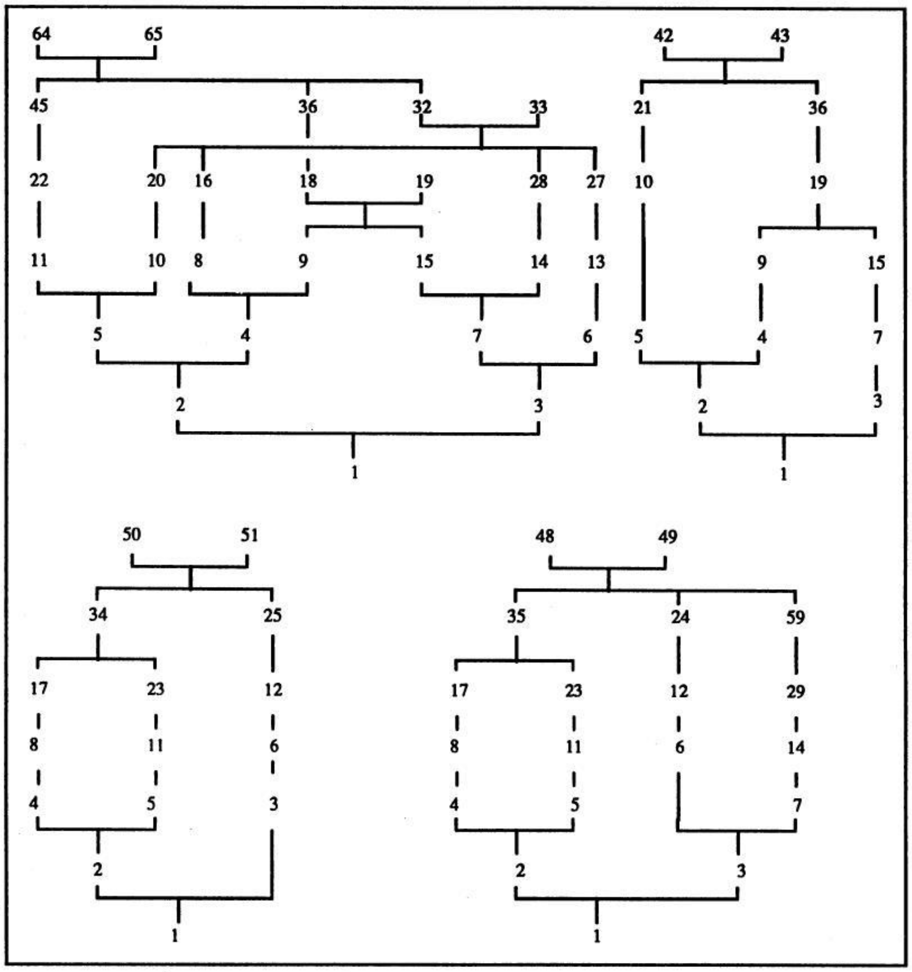
B.3.2.2 APPLICATION DE LA FORMULE GÉNÉRALE

La troisième situation-type correspond à la situation représentée par la table d'ascendance de Denis Tremblay (tableau 3.7). Les souches et les lignes responsables de son coefficient de consanguinité, réduites aux plus petits numéros d'ascendant des personnes qui y contribuent, sont représentées à la figure B.4.

Les douze souches de la consanguinité de Denis Tremblay sont

— Étienne Tremblay (18) et son épouse Louise Bonneau (19),
— Pierre Tremblay (32) et son épouse Marie Roussin (33),
— Pierre Tremblay (64) et son épouse Anne Achon (65),

Figure B.4
Souches et lignes responsables du coefficient de consanguinité de Denis Tremblay



— Joseph Bonneau (42) et son épouse Madeleine Duchesne (43),
— Noël Simard (50) et son épouse Madeleine Racine (51),
— Claude Bouchard (48) et son épouse Louise Gagné (49).

Les autres ascendants de Denis Tremblay ne sont apparentés ni aux souches ni entre eux, et aucune souche ou ascendant n'est issu d'un père et d'une mère consanguins. Le tableau B.2 rassemble l'information nécessaire au calcul du coefficient de consanguinité de Denis Tremblay.

Tableau B.2
Calcul du coefficient de consanguinité de Denis Tremblay

numéro et nom de la souche	énumération des lignes directes de Y à S	de X à S	énumération des lignes collatérales	valeur de N
18 Étienne Tremblay	2-4-9-18	3-7-15-18	2-4-9-18-15-7-3	7
19 Louise Bonneau	2-4-9-19	3-7-15-19	2-4-9-19-15-7-3	7
32 Pierre Tremblay	2-4-8-16-32	3-7-14-28-32	2-4-8-16-32-28-14-7-3	9
	2-5-10-20-32	3-6-13-27-32	2-4-8-16-32-27-13-6-3	9
			2-5-10-20-32-28-14-7-3	9
			2-5-10-20-32-27-13-6-3	9
33 Marie Roussin	2-4-8-16-33	3-7-14-28-33	2-4-8-16-33-28-14-7-3	9
	2-5-10-20-33	3-6-13-27-33	2-4-8-16-33-27-13-6-3	9
			2-5-10-20-33-28-14-7-3	9
			2-5-10-20-33-27-13-6-3	9
64 Pierre Tremblay	2-5-11-22-45-64	3-7-15-18-36-64	2-5-11-22-45-64-36-18-15-7-3	11
	2-5-10-20-32-64	3-7-14-28-32-64	2-5-11-22-45-64-32-28-14-7-3	11
	2-4-8-16-32-64	3-6-13-27-32-64	2-5-11-22-45-64-32-27-13-6-3	11
	2-4-9-18-36-64		2-5-10-20-32-64-36-18-15-7-3	11
			2-4-8-16-32-64-36-18-15-7-3	11
			2-4-9-18-36-64-32-28-14-7-3	11
			2-4-9-18-36-64-32-27-13-6-3	11
65 Anne Achon	2-5-11-22-45-65	3-7-15-18-36-65	2-5-11-22-45-65-36-18-15-7-3	11
	2-5-10-20-32-65	3-7-14-28-32-65	2-5-11-22-45-65-32-28-14-7-3	11
	2-4-8-16-32-65	3-6-13-27-32-65	2-5-11-22-45-65-32-27-13-6-3	11
	2-4-9-18-36-65		2-5-10-20-32-65-36-18-15-7-3	11
			2-4-8-16-32-65-36-18-15-7-3	11
			2-4-9-18-36-65-32-28-14-7-3	11
			2-4-9-18-36-65-32-27-13-6-3	11
42 Joseph Bonneau	2-5-10-21-42	3-7-15-19-38-42	2-5-10-21-42-38-19-15-7-3	10
	2-4-9-19-38-42			

Tableau B-2 (suite)
Calcul du coefficient de consanguinité de Denis Tremblay

43				
Madeleine Duchesne	2-5-10-21-43	3-7-15-19-38-43	2-5-10-21-43-38-19-15-7-3	10
	2-4-9-19-38-43			
50				
Noël Simard	2-4-8-17-34-50	3-6-12-25-50	2-4-8-17-34-50-25-12-6-3	10
	2-5-11-23-34-50		2-5-11-23-34-50-25-12-6-3	10
51				
Madeleine Racine	2-4-8-17-34-51	3-6-12-25-51	2-4-8-17-34-51-25-12-6-3	10
	2-5-11-23-34-51		2-5-11-23-34-51-25-12-6-3	10
48				
Claude Bouchard	2-4-8-17-35-48	3-6-12-24-48	2-4-8-17-35-48-24-12-6-3	10
	2-5-11-23-35-48	3-7-14-29-59-48	2-4-8-17-35-48-59-29-14-7-3	11
			2-5-11-23-35-48-24-12-6-3	11
			2-5-11-23-35-48-59-29-14-7-3	11
49				
Louise Gagné	2-4-8-17-35-49	3-6-12-24-49	2-4-8-17-35-49-24-12-6-3	10
	2-5-11-23-35-49	3-7-14-29-59-49	2-4-8-17-35-49-59-29-14-7-3	11
			2-5-11-23-35-49-24-12-6-3	10
			2-5-11-23-35-49-59-29-14-7-3	11

F_P

$= (1/2)^7 + (1/2)^7 + 4(1/2)^9 + 4(1/2)^9 + 7(1/2)^{11} + 7(1/2)^{11} + (1/2)^{10} + (1/2)^{10} +$
$2(1/2)^{10} + 2(1/2)^{10} + 2(1/2)^{10}$
$+ 2(1/2)^{11} + 2(1/2)^{10} + 2(1/2)^{11}$

$= 2(1/2)^7 + 8(1/2)^9 + 10(1/2)^{10} + 18(1/2)^{11}$

$= 2/128 + 8/512 + 10/1024 + 18/2048 = 102/2048 = 0{,}050.$

B.4 LE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ DANS LA QUATRIÈME SITUATION-TYPE

La description de la quatrième situation-type précède celle du mode de calcul approprié.

B.4.1 LA QUATRIÈME SITUATION-TYPE

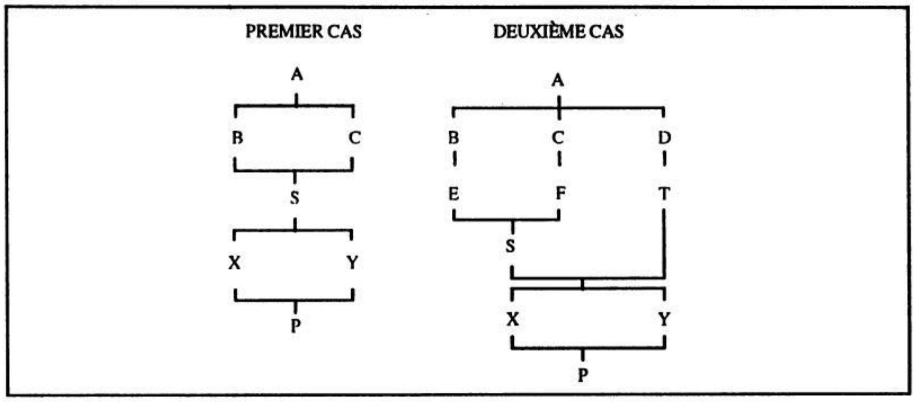
La quatrième situation-type est représentée à la figure B.5:

— le père Y et la mère X du probant P descendent d'*une seule ou de plus d'une souche*,

— ils leur sont reliés par *une seule ou plus d'une ligne*,

— et certaines des souches *sont* elles-mêmes *issues* d'un père et d'une mère *consanguins*.

Figure B.5
Calcul du coefficient de consanguinité dans la quatrième situation-type



B.4.2 MODE DE CALCUL DU COEFFICIENT DE CONSANGUINITÉ DANS LA QUATRIÈME SITUATION-TYPE

B.4.2.1 LA FORMULE GÉNÉRALE DE CALCUL

De façon générale,

— si le père Y et la mère X du probant P descendent d'*une ou de plus d'une souche*,

— s'ils leur sont reliés par *une seule ou plus d'une ligne*,

— et si certaines des souches *sont* elles-mêmes *issues* d'un père et d'une mère *consanguins*,

le coefficient de consanguinité de l'individu P se calcule par la formule

$$\mathbf{F_P = \sum S\ [(1/2)^N\ (1 + F_S)]}$$

où F_S est le *coefficient de consanguinité de la souche*, lequel exprime le risque que les deux gènes **G** et **g** de cette souche soient eux-mêmes identiques.

Ainsi,

— dans le premier cas de la figure B.5,
 - d'un côté, X et Y ont une seule souche S, à laquelle ils sont reliés par la ligne unique XSY, qui compte trois individus,
 - d'un autre côté, B et C, père et mère de S, ont eux-mêmes une seule souche A, à laquelle ils sont reliés par la ligne unique BAC, qui compte trois individus,

 de sorte que $F_P = (1/2)^3[1 + (1/2)^3] = (1/8) \times (9/8) = 9/64$ ou 0,141;

— et dans le deuxième cas de la figure B.5,
- d'un côté, X et Y ont trois souches:
  - S, auquel ils sont reliés par la ligne unique XSY, qui compte trois individus,
  - T, auquel ils sont reliés par la ligne unique XTY, qui compte trois individus,
  - et A, auquel ils sont reliés par les quatre lignes XSEBADTY, XSFCADTY, XTDABESY et XTDACFSY, qui comptent chacune huit individus,
- d'un autre côté, E et F, père et mère de S, ont eux-mêmes une souche A, à laquelle ils sont reliés par la ligne unique EBACF, qui compte cinq individus,

de sorte que $F_P = (1/2)^3[1 + (1/2)^5] + (1/2)^3 + 4 \times (1/2)^8$
$= [(1/8) \times (33/32)] + (1/8) + 4 \times (1/256) = 69/256$ ou 0,270.

L'application de la formule $\mathbf{L_c = L_x L_y - L_d}$ au *comptage* des lignes du deuxième cas de la figure B.5 révèle

— que X est relié à S par trois lignes directes: XSEBA, XSFCA et XTDA,
— que Y est relié à S par trois lignes directes: YSEBA, YSFCA et YTDA,
— qu'on obtient neuf combinaisons deux à deux de lignes directes L_x et L_y:

1- XSEBA + YSEBA	4- XSFCA + YSEBA	7- XTDA + YSEBA
2- XSEBA + YSFCA	5- XSFCA + YSFCA	8- XTDA + YSFCA
3- XSEBA + YTDA	6- XSFCA + YTDA	9- XTDA + YTDA

— mais que
- trois d'entre elles, les première, cinquième et neuvième, superposent en entier les deux lignes directes constituantes,
- et deux d'entre elles, les deuxième et quatrième, superposent en partie les deux lignes directes constituantes,

de sorte que X et Y sont reliés par A par quatre lignes collatérales: XSEBADTY (troisième), XSFCADTY (sixième), XTDABESY (septième) et XTDACFSY (huitième).

B.4.2.2 APPLICATION DE LA FORMULE GÉNÉRALE

La quatrième situation-type correspond à la situation représentée par la table d'ascendance d'Alphonse XII, roi d'Espagne (tableau 3.8). Les souches et les lignes responsables de son coefficient de consanguinité, réduites aux plus petits numéros d'ascendant des personnes qui y contribuent, sont représentées à la figure B.6.

Six souches sont responsables de la consanguinité d'Alphonse XII, roi d'Espagne, par son père François d'Espagne (2) et par sa mère Isabelle II, reine d'Espagne (3):

— Charles IV, roi d'Espagne (8), et son épouse Louise de Parme (9),
— François I[er], roi des Deux-Siciles (10), et son épouse Isabelle d'Espagne (11),
— et Charles III, roi d'Espagne (16), et son épouse Amélie de Saxe (17).

Par ailleurs, quatre souches sont responsables de la consanguinité d'Isabelle d'Espagne (11), par son père Charles IV, roi d'Espagne (8), et par sa mère Louise de Parme (9):

— Philippe V, roi d'Espagne (32), et son épouse Élisabeth Farnèse (33),

— et Louis, dauphin de France (64), et son épouse Marie Anne de Bavière (65).

Enfin, deux souches sont responsables de la consanguinité de Louise de Parme (9), par son père Philippe de Parme (18) et par sa mère Élisabeth de France (19): Louis, dauphin de France (64), et son épouse Marie Anne de Bavière (65).

Les autres ascendants d'Alphonse XII, roi d'Espagne, ne sont apparentés ni aux souches ni entre eux, et aucune souche et aucun ascendant n'est issu d'un père et d'une mère consanguins. Le tableau B.3 rassemble l'information nécessaire au calcul du coefficient de consanguinité d'Alphonse XII, roi d'Espagne.

Figure B.6
Souches et lignes responsables du coefficient de consanguinité d'Alphonse XII, roi d'Espagne

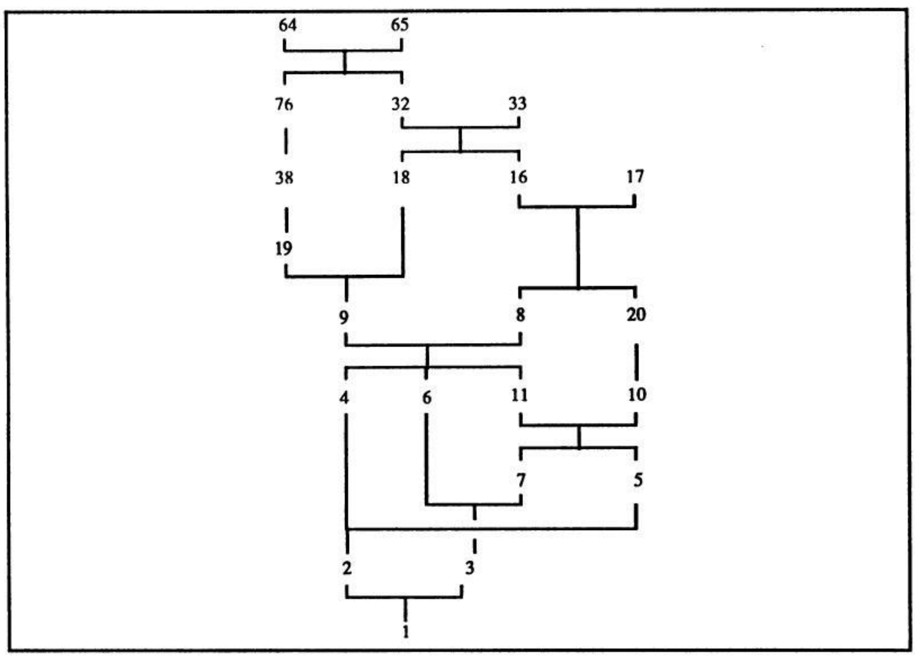


Tableau B.3
Calcul du coefficient de consanguinité d'Alphonse XII, roi d'Espagne

numéro et nom de la souche	énumération des lignes directes de Y à S	de X à S	énumération des lignes collatérales	valeur de N
8				
Charles IV	2-4-8	3-6-8	2-4-8-6-3	5
d'Espagne	2-5-11-8	3-7-11-8	2-4-8-11-7-3	6
			2-5-11-8-6-3	6
9				
Louise de Parme	2-4-9	3-6-9	2-4-9-6-3	5
	2-5-11-9	3-7-11-9	2-4-9-11-7-3	6
			2-5-11-9-6-3	6
10				
François I^{er} des Deux-Siciles	2-5-10	3-7-10	2-5-10-7-3	5
11				
Isabelle d'Espagne	2-5-11	3-7-11	2-5-11-7-3	5
16				
Charles III	2-4-8-16	3-6-8-16	2-4-8-16-20-10-7-3	8
d'Espagne	2-5-11-8-16	3-7-11-8-16	2-5-11-8-16-20-10-7-3	9
	2-5-10-20-16	3-7-10-20-16	2-5-10-20-16-8-6-3	8
			2-5-10-20-16-8-11-7-3	9
17				
Amélie de Saxe	2-4-8-17	3-6-8-17	2-4-8-17-20-10-7-3	8
	2-5-11-8-17	3-7-11-8-17	2-5-11-8-17-20-10-7-3	9
	2-5-10-20-17	3-7-10-20-17	2-5-10-20-17-8-6-3	8
			2-5-10-20-17-8-11-7-3	9
32				
Philippe V d'Espagne	8-16-32	9-18-32	8-16-32-18-9	5
33				
Élisabeth Farnèse	8-16-33	9-18-33	8-16-33-18-9	5
64				
Louis de France	8-16-32-64	9-19-38-76-64	8-16-32-64-76-38-19-9	8
65				
Marie Anne de Bavière	8-16-32-65	9-19-38-76-65	8-16-32-65-76-38-19-9	8
64				
Louis de France	18-32-64	19-38-76-64	18-32-64-76-38-19	6
65				
Marie Anne de Bavière	18-32-65	19-38-76-65	18-32-65-76-38-19	6

Tableau B.3 (suite)
Calcul du coefficient de consanguinité d'Alphonse XII, roi d'Espagne

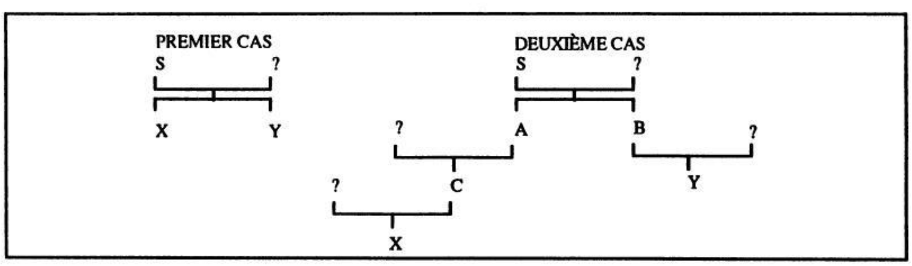
numéro et nom de la souche	énumération des lignes directes de Y à S	de X à S	énumération des lignes collatérales	valeur de N
F_P				
$= (1/2)^5 + (1/2)^6 + (1/2)^6$			[pour 8 – Charles IV d'Espagne]	
$= [(1/2)^5 + (1/2)^6 + (1/2)^6]\,[1 + 2(1/2)^6]$			[pour 9 – Louise de Parme]	
$= (1/2)^5$			[pour 10 – François I[er] des Deux-Siciles]	
$= [(1/2)^5]\,[1 + 2(1/2)^5 + 2(1/2)^8]$			[pour 11 – Isabelle d'Espagne]	
$= 2(1/2)^8 + 2(1/2)^9$			[pour 16 – Charles III d'Espagne]	
$= 2(1/2)^8 + 2(1/2)^9$			[pour 17 – Amélie de Saxe]	
$= (1/16) + [(1/16)(33/32)] + (1/32) + [(1/32)(137/128)] + (3/256) + (3/256)$				
$= 881/4096 = 0{,}215.$				

B.5 LE CALCUL DU COEFFICIENT DE PARENTÉ

Le **coefficient de parenté** de deux individus X et Y, $\mathbf{Ph}_{XY}$, exprime le risque, ou probabilité, qu'un gène de X soit *identique* à un gène de Y.

La *logique* du coefficient de parenté *diffère* de celle du coefficient de consanguinité. Mais la *valeur* du coefficient de parenté de deux individus est ***égale*** à celle qu'aurait le coefficient de consanguinité de leur enfant et elle se calcule par la *même formule*. C'est pourquoi le mode de calcul du coefficient de parenté n'est exposé que pour la situation correspondant à la première situation-type (section B.1.1) (figure B.7).

Figure B.7
Calcul du coefficient de parenté dans la première situation-type



B.5.1 PREMIER EXEMPLE DE CALCUL

Dans le cas où les probants X et Y sont membres d'une *fratrie consanguine ou utérine* (figure B.7, premier cas), ils sont reliés à leur souche S par la ligne unique XSY. Alors,

— la probabilité qu'un gène de X provienne de S, plutôt que de l'autre parent, est de 1/2,

— la probabilité qu'un gène de Y provienne de S, plutôt que de l'autre parent, est de 1/2,

— et la probabilité qu'il s'agisse du même gène est de 1/2,

de sorte que la probabilité que X et Y ait reçu un gène identique de S est de $(1/2)^3 = 1/8$ ou 0,125.

B.5.2 DEUXIÈME EXEMPLE DE CALCUL

Dans le cas où les probants X et Y sont *oncle (ou tante) à la mode de Bretagne et neveu (ou nièce) à la mode de Bretagne* (figure B.7, deuxième cas), ils sont reliés à leur souche S par la ligne unique XCASBY. Alors,

— la probabilité qu'un gène de X provienne de S par A et par C, plutôt que de l'autre conjoint de C, de A et de S, est de $(1/2)^3$,

— la probabilité qu'un gène de Y provienne de S par B, plutôt que de l'autre conjoint de B et de S, est de $(1/2)^2$,

— et la probabilité qu'il s'agisse du même gène est de 1/2,

de sorte que la probabilité que X et Y ait reçu un gène identique de S est de $(1/2)^{3+2+1}$ $= 1/64$ ou 0,016.

B.5.3 LA FORMULE GÉNÉRALE DE CALCUL

De façon générale,

— la probabilité qu'un gène de X provienne d'un ascendant S distant de *n* degrés ou générations est de $(1/2)^n$,

— la probabilité qu'un gène de Y provienne d'un ascendant S distant de *p* degrés ou générations est de $(1/2)^p$,

— et la probabilité qu'il s'agisse du même gène est de 1/2,

de sorte que la probabilité que X et Y ait reçu un gène identique de S est de $(1/2)^{n+p+1}$.

Or, $n + p + 1 = N$, nombre d'individus situés sur la ligne collatérale reliant X et Y, ceux-ci compris.

Par conséquent,

$$\mathbf{Ph_{XY} = F_P = (1/2)^N}$$

On remarque, en particulier, que

- — si X et Y sont respectivement père et fils, apparentés au premier degré de consanguinité en ligne directe, $Ph_{XY} = (1/2)^{1+0+1} = (1/2)^2 = 1/4$;
- — si X et Y sont respectivement aïeule et petite-fille, apparentés au deuxième degré de consanguinité en ligne directe, $Ph_{XY} = (1/2)^{2+0+1} = (1/2)^3 = 1/8$;
- — et si X et Y sont respectivement frère et sœur germains, apparentés au premier degré de consanguinité en ligne collatérale à la fois par leur père et par leur mère, $Ph_{XY} = (1/2)^{1+1+1} + (1/2)^{1+1+1} = (1/2)^3 + (1/2)^3 = 1/8 + 1/8 = 1/4$.